УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 8

2017

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор РИНЦ – 0,741

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: http://www.natural-sciences.ru/
Правила для авторов: http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» - 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

> Ответственный секретарь редакции Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.х.н., проф. Великородов А.В. (Астрахань); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.х.н., проф. Душкин А.В. (Новосибирск); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.х.н., проф. Микитаев А.К. (Нальчик); д.х.н., проф. Нилов А.П. (Егорьевск); д.х.н., проф. Танганов Б.Б. (Улан-Удэ); д.с.-х.н., проф. Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.с.-х.н., проф. Берсон З. (Великий Новгород); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.с.-х.н., проф. Коцарева Н.В. (Белгород); д.с.-х.н., проф. Ланцева Н.Н. (Новосибирск); д.с.-х.н., проф. Морозова Н.И. (Рязань); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.с.-х.н., проф. Улимбашев М.Б.(Нальчик); д.с.-х.н., проф. Ухтверов А.М. (Самара); д.с.-х.н., проф. Хазиахметов Ф.С. (Уфа); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.г.-м.н., проф. Абилхасимов Х.Б. (Астана); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Кызыл); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий, и массовых коммуникаций.

Свидетельство – ПИ № ФС 77-63398.

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,741.

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция: ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Ответственный секретарь редакции – Бизенкова Мария Николаевна – +7 (499) 705-72-30 E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 28.08.2017 Дата выхода номера – 29.09.2017

Формат 60х90 1/8 Типография ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания», г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка Митронова Л.М. Корректор Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный. Распространение по свободной цене. Усл.п.л. 15,88 Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/8-2017 Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)	
МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫЕ ГЛИНЫ ДЛЯ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ СВИНЦА Везенцев А.И., Голдовская-Перистая Л.Ф., Добродомова-Копылова Е.В., Перистый В.А., Кормош Е.В., Здоренко Н.М.	7
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ СБОРА И ПОДГОТОВКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Джалилова С.Н., Ушева Н.В., Ерофеев В.И.	13
КИНЕТИКА РАСТВОРЕНИЯ ОКСИДОВ КОБАЛЬТА ${\rm CO_3O_4}$ И ЖЕЛЕЗА ${\rm FE_3O_4}$ В СЕРНОЙ КИСЛОТЕ Елисеева Е.А., Слынько Л.Е., Плахотная О.Н., Кузин А.В., Горичев И.Г., Атанасян Т.К	19
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СРЕД ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ КЛЕТОК ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ <i>Рогатых С.В.</i>	24
ВЛИЯНИЕ ГИДРОФИЛЬНОСТИ ЦВИТТЕР-ИОННЫХ ФОРМ СЕРИНА И ТРЕОНИНА НА КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ <i>Щербакова Н.Е., Тен Г.Н., Баранов В.И.</i>	30
Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)	
КОНЦЕПЦИЯ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ НОРМАТИВОВ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЛЕСОПОЖАРНЫМИ ФОРМИРОВАНИЯМИ И ИХ ОСНАЩЕНИЮ Савченкова В.А., Коршунов Н.А., Провин К.Н.	36
Науки о Земле (25.00.00)	
ЭКОТУРИСТИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ ЦЕНТРА ГОРОДА НИЖНЕГО НОВГОРОДА – КАК ЭЛЕМЕНТ ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ ПАМЯТНИКОВ Арефьева С.В., Демидова Н.Н., Шеманаев В.А.	41
ЛАНДШАФТНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ КСТОВСКОГО РАЙОНА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ Асташин А.Е., Самойлов А.В., Пашкин М.В., Борисов Е.И., Ершова К.В., Никитина О.А	47
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОЗАБОРА В СТВОРЕ РЕКИ БЕЛОЙ В РАЙОНЕ Г. СТЕРЛИТАМАКА Быковский Н.А., Фанакова Н.Н., Женин М.В., Фанаков В.С.	52
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАССЫ ВОДОВОДА НИЖНИЙ БЕСТЯХ – ВОДОХРАНИЛИЩЕ МУНДУЛАХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ Варламов С.П., Скрябин П.Н.	58
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ФОНА ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ Давыдова Н.Д.	64
МАРГАНЕЦ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ИРТЫШ Дударева И.А., Алимова Г.С., Токарева А.Ю.	70
РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ НА РУБЕЖЕ ПЛЕЙСТОЦЕНА-ГОЛОЦЕНА $\it Eвстигнеев a T.A.$	75
ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗНОТИПНОГО ПО ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПРИМОРЬЯ И ЕГО РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ	
Ивин В.В., Родионов А.Н., Медведев Е.И., Фатьянов И.И.	80

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)	ļ .
MONTMORILLONITE CLAY FOR SOIL SORPTION PURIFICATION FROM MOBILE FORMS LEAD Vezentzev A.I., Goldovskaya-Peristaya L.F., Dobrodomova-Kopylova E.V., Peristyy V.A., Kormosh E.V., Zdorenko N.M.	
INCREASE IN PROCESS PERFORMANCE OF COLLECTION, PREPARATION OF HYDROCARBONIC RAW MATERIALS USING MATHEMATICAL MODELING Dzhalilova S.N., Usheva N.V., Erofeev V.I.	13
KINETICS OF DISSOLUTION OF OXIDES OF COBALT ${\rm CO_3O_4}$ AND IRON ${\rm FE_3O_4}$ IN SULFURIC ACID Eliseeva E.A., Slynko L.E., Plakhotnaya O.N., Kuzin A.V., Gorichev I.G., Atanasyan T.K	19
CHEMICAL COMPOSITION OF ENVIRON FOR ISOLATION OF DNA FROM CELLS OF CHEMOLITHOTROPHIC MICROORGANISMS Rogatykh S.V.	24
THE EFFECT OF HYDROPHILITY OF ZWITTERIONIC-IONIC FORMS OF SERINE AND THREONINE ON THE VIBRATIONAL ABSORPTION SPECTR Scherbakova N.E., Ten G.N., Baranov V.I.	30
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)	
THE CONCEPT ON THE SETTLEMENT OF NORMATIVE PROVISIONS FOR THE SECURITY OF THE SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION WITH FIRE-FIGHTING FORMATIONS AND THEIR EQUIPMENT Savchenkova V.A., Korshunov N.A., Provin K.N.	36
Earth sciences (25.00.00)	
ECOTOURIST ROUTES OF THE CENTER OF THE CITY OF NIZHNY NOVGOROD – AS A ELEMENT OF PROTECTION OF NATURAL MONUMENTS Arefeva S.V., Demidova N.N., Shemanaev V.A.	41
LANDSCAPE DIFFERENTIATION OF THE TERRITORY OF THE KSTOVO DISTRICT OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION Astashin A.E., Samoylov A.V., Pashkin M.V., Borisov E.I., Ershova K.V., Nikitina O.A	47
ECOLOGICAL MONITORING OF WATER WITHDRAWAL FROM THE BELAYA RIVER NEAR STERLITAMAK Bykovskiy N.A., Fanakova N.N., Zhenin M.V., Fanakov V.S.	52
ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS ALONG THE WATER PIPELINE ROUTE FROM MUNDULAKH RESERVOIR TO NIZHNY BESTYAKH, CENTRAL YAKUTIA Varlamov S.P., Skryabin P.N.	ι 58
WATER OBJECTS CHEMICAL COMPOSITION OF THE BACKGROUND IN SOUTHERN MINUSINSK DEPRESSION Davydova N.D.	64
MANGANESE IN WATER AND SEDIMENTS OF THE LOWER REACHES OF THE IRTYSH RIVER Dudareva I.A., Alimova G.S., Tokareva A.Yu.	70
VEGETATION OF THE SOUTHERN COAST OF THE SEA OF JAPAN NEAR THE BOUNDARY OF THE PLEISTOCENE-HOLOCENE Evstigneeva T.A.	75
LOCATION FEATURES AND RESOURCE POTENTIAL OF THE PRIMORSKY REGION NOBLE-METAL MINERALIZATION BELONGING TO DIFFERENT-TYPE FORMATIONS Ivin V.V., Rodionov A.N., Medvedev E.I., Fatyanov I.I.	

STUDY OF HEAT EXCHANGE IN ISOLATED SPACE OF DREDGE OPEN CUT Kislyakov V.E., Nafikov R.Z., Vokin V.N., Bakhtiguzin A.A.	89
HEAVY METALS IN BUROZEMS OF THE RUSSKY ISLAND Latysheva L.A.	94
TRANSBOUNDARY SECTORAL-RING STRUCTURE EASTERN JUNCTION OF THE BORDERS RUSSIA, MONGOLIA AND CHINA AS MATRIX TERRITORIAL ORGANIZATION OF TOURIST-RECREATIONAL ACTIVITIES Novikov A.N., Novikova M.S., Kozyreva K.S.	100
SPECIFITY OF BUROZEM FORMATION AT RIKORD ISLAND COAST (PETER THE GREAT GULF, PRIMORSKY KRAI) Pshenichnikov B.F., Pshenichnikova N.F.	106
PRESENT-DAY KINEMATICS OF THE NORTHERN PART OF THE ERGUNA CONTINENTAL MASSIF (EASTERN PART OF THE CENTRAL ASIAN FOLD BELT) Serov M.A., Zhizherin V.S.	111
LINEAR INDICATORS OF GEOMAGNETIC ANOMA LIES IN THE EASTERN ALDANIA SHIELD AND THE STANOVOY FOLDED AREA: SPATIAL PATTERN AND SEISMICITY Tusikova S.A.	117
MODERN STATUS OF THE NATURAL-ECOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE URAL RIVER BASIN IN THE ORENBURG REGION AND ITS ROLE IN THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGION Chibilev A.A. (jr.), Meleshkin D.S., Grigorevskiy D.V.	122

УДК 54.058 + 621.742.43 + 546.81]:631.4

МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫЕ ГЛИНЫ ДЛЯ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ СВИНЦА

¹Везенцев А.И., ¹Голдовская-Перистая Л.Ф., ¹Добродомова-Копылова Е.В., ¹Перистый В.А., ²Кормош Е.В., ²Здоренко Н.М.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, e-mail: vesentsev@bsu.edu.ru; ²AHO BO «Белгородский университет кооперации, экономики и права», Белгород, e-mail: kormosh-e@mail.ru

Исследована сорбционная способность монтмориллонитсодержащих глин Сергиевского месторождения Губкинского района Белгородской области для очистки почвы от свинца. Установлено, что среднее значение валового содержания свинца в почвах Старооскольско-Губкинского промышленного района, входящего в состав Курской магнитной аномалии (КМА), составляет 15 мг/кг, что выше фонового значения, но не превышает ПДК. Содержание подвижных форм свинца в исследуемых почвах выше предельно допустимых значений. Водорастворимые формы свинца не обнаружены. Свинец в почвах и глинах имеет как природное происхождение (радиогенное, вкрапления в магнитной железной руде и карбонатных породах), так и техногенное. Эффективность сорбционной очистки почвы от подвижных, доступных растениям форм свинца составляет 83–94 мас. %. Предложен механизм очистки почвы от подвижных форм свинца, носящий характер катионного обмена и адсорбции на внешней поверхности слоистых кристаллов.

Ключевые слова: глина, монтмориллонит, почва, буферная вытяжка, сорбционная очистка, свинец, валовое содержание, подвижные формы

MONTMORILLONITE CLAY FOR SOIL SORPTION PURIFICATION FROM MOBILE FORMS LEAD

¹Vezentzev A.I., ¹Goldovskaya-Peristaya L.F., ¹Dobrodomova-Kopylova E.V., ¹Peristyy V.A., ²Kormosh E.V., ²Zdorenko N.M.

¹Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: vesentsev@bsu.edu.ru; ²Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, e-mail: kormosh-e@mail.ru

Montmorillonite clay of Sergievskij desposite of Gubkin district Belgorod region sorption capacity for soil purification from lead is studied. It is found that average value of total lead content in soil of industrial area of Starij Oskol and Gubkin which is the part of Kursk Magnetic Anomaly (KMA) is 15 ppm that is higher than background value but it doesn't exceed MPC. Content of lead movable forms in tested soils is higher than admissible limit values. Water soluble lead forms are not found. The lead in soils and clays has both natural (radiogenic, impregnation in magnetic iron ore and carbonate strata) and technogenic occurrence. The effectiveness of soil sorption purification from movable, plant-available lead forms arranges 83–94 mass%. Arrangement of soil purification from movable lead forms which has the character of cation exchange and adsorption on external face of layered crystals is suggested.

Keywords: clay, montmorillonite, soil, buffer extraction, sorption purification, lead, total content, movable forms

По данным Европейского агентства по охране окружающей среды, наиболее распространенными загрязнителями почвы, наряду с минеральными маслами (38%) и полициклическими ароматическими углеводородами (13%), являются микроэлементы (37%) [1]. К числу последних относятся тяжелые металлы (ТМ) – опасные загрязнители природной среды, наибольшая концентрация которых наблюдается в почвах [2]. Все большие площади земель, в том числе и сельскохозяйственного назначения, оказываются загрязненными тяжелыми металлами, поэтому весьма актуальной становится проблема их ремедиации, очистки и ограничения распространения.

В настоящее время для очистки почвы от ТМ применяются различные методы:

удаление и захоронение загрязненных почв, вымывание ТМ водой, химические методы, микробиологические, фиторемедиация, электромелиорация, сорбционный метод [3–7]. Последний метод заключается в обработке почвы сорбирующими материалами, которые должны связывать токсичные металлы в недоступные для растений формы.

Использование в качестве сорбентов дешевых, доступных природных материалов, например таких, как глина, цеолиты, обладающих высокой сорбционной емкостью, делает этот метод экономически целесообразным и должно обеспечить высокую степень перевода ТМ из водорастворимой формы в связанную, т.е. не в водорастворимую и, следовательно, не доступную для внедрения в ткани растений.

Сорбционная способность бентонитоподобных глин по отношению к ионам тяжелых металлов (Pb, Cu, Fe, Cd, Cr, Sr и др.) исследовалась нами на модельных водных растворах их солей. Результаты этих работ отражены во многих научных публикациях, в частности в работах [8–10].

К числу наиболее опасных и распространенных тяжелых металлов загрязнителей почв относится свинец. Научными сотрудниками НИУ «БелГУ» установлено загрязнение свинцом и другими ТМ почв Старооскольско-Губкинского промышленного района Белгородской области, где производится добыча железной руды открытым способом, функционируют Лебединский и Стойленский горнообогатительные комбинаты, Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК), АО «Осколцемент» (холдинг «ЕВРОЦЕМЕНТгруп»), ТЭЦ и ряд других крупных промышленных предприятий [11].

Нами получены предварительные положительные результаты по использованию монтмориллонитсодержащих глин для очистки почвы от ионов свинца и меди [12]. Данная работа является продолжением вышеуказанных исследований. Цель её — изучение сорбционной способности глины Сергиевского месторождения Губкинского района для очистки почвы от свинца.

Материалы и методы исследования

Для проведения экспериментальной работы по сорбционной очистке плодородной почвы от ионов свинца (II) использованы два образца почвы и в качестве сорбента два образца глины, отличающиеся по вещественному составу и свойствам. Первые два образца (К-8-05 и 129), отобранные в Старооскольско-Губкинском промышленном районе, представляют собой верхний плодородный слой почвы, взятый с глубины 10 см, так как преимущественно в верхних ее горизонтах накапливаются тяжелые металлы техногенного происхождения. Образцы К-7-05 и К-7-05 ЮЗ – это глины киевской свиты Сергиевского месторождения Губкинского района, отобранные соответственно с глубины 0,5-0,75 м и 1,25-1,5 м.

Подготовка проб почвы и глины для исследования проведена следующим образом: образцы предварительно высушили в сушильном шкафу при температуре 105—120°С до постоянной массы, затем глину измельчили в фарфоровой ступке пестиком до порошкообразного состояния с размером частиц менее 50 мкм.

Определение свинца в почвах и глинах проведено методом атомно-абсорбционной спектрометрии (AAC) по стандартной методике ЦИНАО [13]:

- валовое содержание химическим разложением проб азотной кислотой (1:1);
- подвижные кислоторастворимые формы экстракцией 1 н азотной кислотой;
- подвижные, доступные растениям формы экстракцией ацетатно-аммонийным буферным раствором (AAБ) с pH = 4,8.

Последний экстрагент принят агрохимической службой для извлечения доступных растениям микроэлементов.

Определение массовой доли сорбционноактивного минерала монтмориллонита в глине осуществляли методом адсорбционного люминесцентного анализа, основанного на катионообменной адсорбции глиной органических красителей на основе люминофоров с образованием коагулянта органоглинистого комплекса.

Исследование глины как сорбента свинца проведено с водной и буферной вытяжками из почвы. Сущность метода приготовления водной вытяжки заключается в извлечении водорастворимых солей из почвы дистиллированной водой при массовом соотношении почва: вода = 1:5 в течение 4-х часов.

Буферную вытяжку из почвы готовили по вышеуказанной стандартной методике ЦИНАО с помощью ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH = 4.8 [13].

Сорбцию ионов свинца (II) из буферной вытяжки почвы проводили при постоянной температуре (20°С) в статических условиях в течение 90 минут. Время экспозиции для достижения сорбционного равновесия определено предварительными опытами. Сорбент (глину) брали в количестве 0,1; 0,5; 1; 3 и 5 г на 50 мл буферной вытяжки (ставили 5 параллельных опытов). Концентрацию подвижных, доступных растениям форм свинца в буферной вытяжке до и после адсорбции определяли методом атомноабсорбционной спектрометрии (ААС).

Результаты исследования и их обсуждение

Как было показано нами в работе [12] на основе агрохимического обследования пахотных почв Губкинского и Старооскольского районов, валовое содержание свинца в среднем составляет 15 мг/кг.

Результаты определения валового содержания и содержания подвижных форм свинца в нескольких образцах, отобранных для более детального исследования, представлены в табл. 1.

Таблица 1 Валовое содержание и содержание подвижных форм свинца в почвах и глинах

Содержание свинца, мг/кг	По	чва	Глина		
	К-8-05	129	K-7-05	К-7-05 ЮЗ	
Валовое	11,50	15,50	5,20	8,00	
Подвижные кислоторастворимые формы	6,50	8,50	0,75	1,60	
Подвижные, доступные растениям формы	1,20	8,30	0,65	1,05	

Химический состав глины, мас. %

Таблица 2

	№ п/п	Образец	S ₁ O ₂	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO ₂	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	1111111	Сумма
	1	К-7-05	60,35-		5,74–	0,91-	1,76–		2,35-	0,23-	10,53-	100,00-
L			65,88	19,54	6,92	1,51	1,97	0,86	3,53	0,29	11,30	100,26
	2	К-7-05 ЮЗ	61,94–	9,12-	4,78–	0,60-	1,40-	0,93-	2,25-	0,30-	6,49–	100,00-
			73,77	17,86	12,53	1,28	1,54	0,95	3,91	0,37	9,89	100,03

Валовое содержание свинца в исследуемых почвах составляет 11,5-15,5 мг/кг, что выше фонового значения (10 мг/кг) для почв мира [13], но меньше ПДК (ОДК) (с учетом фонового содержания) для разных типов почв (32-130 мг/кг).

Содержание подвижной кислоторастворимой формы свинца в исследованных образцах почвы составило 6,5–8,5 мг/кг, что выше ПДК (ОДК) для подвижной формы (6,0 мг/кг). Содержание подвижных, доступных растениям форм свинца в указанных образцах меньше, чем кислоторастворимых форм. Следует отметить сравнительно высокое содержание (8,30 мг/кг) подвижной, доступной растениям форм свинца в образце 129. Этот образец почвы и в целом характеризуется более высоким содержанием свинца, по сравнению с образцом К-8-05.

Исходя из геохимических особенностей Старооскольско-Губкинского промышленного района, входящего в состав Курской магнитной аномалии (КМА), повышенное содержание свинца в почвах можно объяснить несколькими факторами. Во-первых, свинец может иметь радиогенное происхождение, так как из четырех стабильных изотопов, встречающихся в природе, три (Pb-206, Pb-207 и Pb-208) являются радиогенными, конечными продуктами распада нескольких радиоактивных рядов. По данным Е.А. Котенко, В.Н. Морозова, В.К. Кушнеренко, В.Н. Анисимова, на территории Старооскольско-Губкинского промышленного района выявлено радиационное загрязнение [14]. Во-вторых, свинец самородный содержится в магнетитовой

железной руде ($\mathrm{Fe_3O_4}$) в виде вкраплений, при ее добыче открытым способом рассеивается в окружающей среде и осаждается на почву. В-третьих, прожилково-вкрапленные свинцовые руды могут встречаться в карбонатных породах, в частности, на основе кальцита, столь распространенных на территории Белгородской области, в том числе в зоне меловых систем указанных районов [12].

Содержание свинца в исследуемых глинах значительно меньше, чем в верхнем плодородном слое почвы, что, вероятно, может свидетельствовать о его техногенном загрязнении, а также о преимущественном природном происхождении свинца в глинах.

Характер вертикального распределения ТМ в естественных и техногенных ландшафтах существенно различается. Для техногенных территорий характерно накопление свинца в верхнем гумусовом горизонте и понижение его содержания в нижележащих горизонтах. На фоновых участках такого кумулятивного распределения свинца не наблюдается. В наших исследованиях указанная закономерность проявляется. На глубине 0,5 м, по сравнению с верхним слоем, содержание свинца меньше: валовое и доступных растениям форм практически в 2 раза, а кислоторастворимых форм – в 8,7 раза (см. образцы К-7-05 и К-8-05 в табл.1). Можно считать, что в исследуемом случае техногенное загрязнение не распространяется на глубину более 0,5 м.

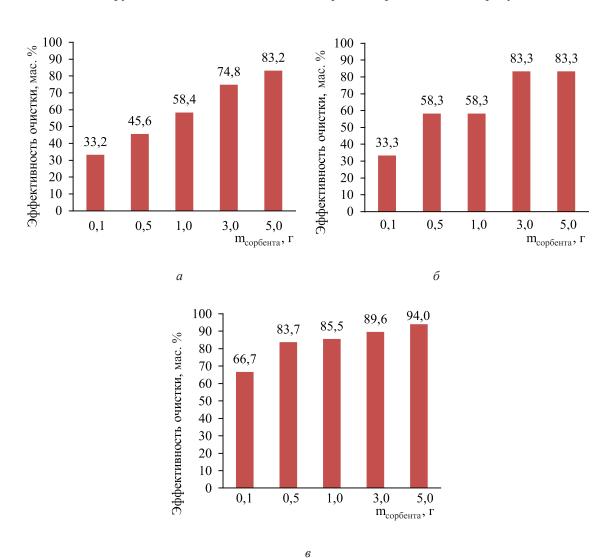
Более высокое содержание свинца во втором образце глины (К-7-05 ЮЗ), по сравнению с первым (К-7-05), можно объяснить большим содержанием в нем обменных ка-

тионов Ca^{2^+} , K^+ , Na^+ (табл. 2), а также более высоким содержанием сорбционноактивного минерала монтмориллонита, которое для указанных образцов соответственно составляет 52 мас.% и 47 мас%. В породообразующих минералах возможно замещение макроэлементов в структуре кристаллических решеток на рассеянные элементы с близким ионным радиусом, например K^+ (0,133 нм) на Pb^{2^+} (0,126 нм).

Исследования сорбционной способности указанных образцов глины по отношению к свинцу, содержащемуся в почве, проведены с ее водной и буферной вытяжками (по вышеописанной методике). Проведенное исследование показало, что водорастворимые соединения свинца в обоих образцах почвы не обнаружены.

В буферной вытяжке из почвы (экстрагент — ацетатно-аммонийный буферный раствор с рН = 4,8) исходная концентрация (до сорбции) подвижных, доступных растениям форм свинца для почв К-8-05 и 129 соответственно составила 1,2 мг/кг и 8,3 мг/кг (см. табл. 1). После проведения сорбции, в условиях максимального содержания сорбента (5 г на 50 мл буферной вытяжки), остаточное содержание подвижных, доступных растениям форм в образцах почвы К-8-05 и 129 составило соответственно 0,2 мг/кг и 0,5 мг/кг, то есть уменьшилось в 6 и 17 раз.

Более подробные сведения о сорбционной способности глин при очистке буферной вытяжки из почв при разных массах сорбента представлены на рисунке.



Эффективность очистки буферной вытяжки из почвы от подвижных форм свинца. Условные обозначения: а) глина К-7-05, почва К-8-05; б) глина К-7-05 ЮЗ, почва К-8-05; в) глина К-7-05, почва 129

Результаты, представленные на рисунке (а и б), показывают, что с увеличением массы сорбента от 0,1 до 5,0 г степень очистки буферной вытяжки из почвы К-8-05 от подвижных форм свинца обоими образцами глин возрастает практически одинаково (от 33 до 83 мас. %). Это, вероятно, можно объяснить тем, что второй образец глины (К-7-05 ЮЗ), наряду с более высоким содержанием сорбционноактивного минерала монтмориллонита, которое предполагает и более высокую сорбционную способность, в то же время характеризуется и более высоким содержанием свинца в исходном состоянии, по сравнению с глиной К-7-05 (см. табл. 1). Другими словами, во втором образце часть вакансий для катионного обмена с почвой уже занята.

Сравнительный анализ рисунков а, б и в показывает, что эффективность очистки почвы 129 выше, чем почвы К-8-05. По мере увеличения массы сорбента она возрастает от 67 до 94 мас. %, что можно объяснить значительно более высоким содержанием подвижных форм свинца в этом образце почвы по сравнению с почвой К-8-05.

Можно предложить следующий механизм связывания и внедрения свинца в кристаллическую решетку сорбционно-активного минерала. Поглощение катионов свинца монтмориллонитом происходит как за счет катионного обмена в межпакетных позициях, так и за счет адсорбции на внешней поверхности, прежде всего, на торцевой части слоистых кристаллов, имеющей выход активных центров, представляющих собой нескомпенсированные связи.

Заключение

Среднее значение валового содержания свинца в почвах Старооскольско-Губкинского промышленного района составляет 15 мг/кг, что выше фонового значения, но не превышает ПДК. Содержание подвижных форм свинца в исследуемых почвах выше предельно допустимых значений. Водорастворимые формы свинца не обнаружены. Свинец в почвах и глинах имеет как природное происхождение (радиогенное, вкрапления в магнетитовой железной руде и карбонатных породах), так и техногенное. Эффективность сорбционной очистки почвы от подвижных, доступных растениям форм свинца с использованием монтмориллонитсодержащих глин Сергиевского месторождения составляет 83-94 мас. %. Предложен механизм очистки почвы от подвижных форм свинца, носящий характер катионного обмена и адсорбции на внешней поверхности слоистых кристаллов.

Список литературы

- 1. EEA (European Environment Agency) Progress in management of contaminated sites/ CSI 015, DK-1050. 2007. Copenhagen K, Denmark.
- 2. Деградация и охрана почв / Под общей ред. Г.В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
- 3. Орлов Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова. М.: Агропромиздат, 1994. 120 с.
- 4. Жакина А.Х., Аккулова З.Г., Амирханова А.К., Утегенова А.С. Способ очистки загрязненных почв от тяжелых металлов // Патент Казахстана № 2233293 С1. 27.07.2004 16.07.2012, бюл. № 7.
- 5. Савич В.И. Новые методы очистки почв от тяжёлых металлов / В.И. Савич, С.Л. Белопухов, А.В. Филиппова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. Серия Биологические науки. 2013. № 4 (42). С. 216–218.
- 6. Алексеева-Попова Н.В. Фиторемедиация перспективный метод лчистки почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор) // Сб. материалов IV Международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв» (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27–31 мая 2013 года). С. 42–46.
- 7. Невидомская Д.Г., Подковирина Ю.С., Минкина Т.М., Солдатов А.В., Мотузова Г.В. Исследования электронноструктурных особенностей Рb (II) и Zn (II) в почвенных фазах методом синхротропного рентгеновского излучения // Сб. материалов IV Международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв» (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27–31 мая 2013 года). С. 367–371.
- 8. Везенцев А.И. Сорбция ионов тяжелых металлов нативными, обогащенными и модифицированными формами монтмориллонитовых глин / А.И. Везенцев, Л.Ф. Голдовская, Е.В. Кормош (Баранникова), Н.А. Сиднина, Е.В. Добродомова // Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6, ч. 4. С. 1327–1330.
- 9. Кормош Е.В. Адсорбционные свойства продуктов обогащения природных монтмориллонитсодержащих глин / Е.В. Кормош, А.И. Везенцев, Н.М. Здоренко, Л.Ф. Голдовская // Научные ведомости БелГУ. 2011. Выпуск 15, № 9 (104). С. 103–108.
- 10. Vezentsev A.I. Material composition and colloid-chemical properties of natural and modified montmorillonit clays / A.I. Vezentsev, L.F. Peristaya, A.V. Shamshurov, R.A. Cherkasov, E.V. Kormosh // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. − 2014. − Vol. 9, № 11. − P. 2358–2366.
- 11. Лисецкий Ф.Н., Голеусов П.В., Чепелев О.А., Близнюк М.В., Кучарук Н.С., Свиродова А.В. База данных эколого-геохимического обследования территории Курской магнитной аномалии (в границах Губкинского и Староскольского районов Белгородской области). Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2006620102. Зарегистрировано в реестре баз данных 07.04.2006.
- 12. Везенцев А.И. Химико-экологическая оценка почв и глины Старооскольско-Губкинского промышленного района по содержанию свинца / А.И. Везенцев, Л.Ф. Голдовская, Ф.Н. Лисецкий, Н.А. Сиднина // Проблемы региональной экологии. 2007. № 1. С. 23—29.
- 13. Методические указания по определению металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
- 14. Котенко Е.А. Геоэкологические проблемы КМА и пути их решения / В.Н. Морозов, В.К. Кушнеренко, В.Н. Анисимов // Горная промышленность. -2003. -№ 2. -C. 12-16.

References

1. EEA (European Environment Agency) Progress in management of contaminated sites/ CSI 015, DK-1050. 2007. Copenhagen K, Denmark.

- 2. Degradacija i ohrana pochv / Pod obshhej red. G.V. Dobrovolskogo. M.: Izd-vo MGU, 2002. 654 p.
- 3. Orlov D.S. Himicheskoe zagrjaznenie pochv i ih ohrana / D.S. Orlov, M.S. Malinina, G.V. Motuzova. M.: Agropromizdat, 1994. 120 p.
- 4. Zhakina A.H., Akkulova Z.G., Amirhanova A.K., Utegenova A.S. Sposob ochistki zagrjaznennyh pochv ot tjazhelyh metallov // Patent Kazahstana no. 2233293 C1. 27.07.2004 16.07.2012, bjul. no. 7.
- 5. Savich V.I. Novye metody ochistki pochv ot tjazhjolyh metallov / V.I. Savich, S.L. Belopuhov, A.V. Filippova // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Serija Biologicheskie nauki. 2013. no. 4 (42). pp. 216–218.
- 6. Alekseeva-Popova N.V. Fitoremediacija perspektivnyj metod lchistki pochv, zagrjaznennyh tjazhelymi metallami (obzor) // Sb. materialov IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Sovremennye problemy zagrjaznenija pochv» (Moskva, MGU im. M.V. Lomonosova, 27–31 maja 2013 goda). pp. 42–46.
- 7. Nevidomskaja D.G., Podkovirina Ju.S., Minkina T.M., Soldatov A.V., Motuzova G.V. Issledovanija jelektronno-strukturnyh osobennostej Pb (II) i Zn (II) v pochvennyh fazah metodom sinhrotropnogo rentgenovskogo izluchenija // Sb. materialov IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Sovremennye problemy zagrjaznenija pochv» (Moskva, MGU im. M.V. Lomonosova, 27–31 maja 2013 goda). pp. 367–371.
- 8. Vezencev A.I. Sorbcija ionov tjazhelyh metallov nativnymi, obogashhennymi i modificirovannymi formami montmorillonitovyh glin / A.I. Vezencev, L.F. Goldovskaja, E.V. Kormosh (Barannikova), N.A. Sidnina, E.V. Dobrodomo-

- va // Sorbcionnye i hromatograficheskie processy. 2006. T. 6, ch. 4, pp. 1327–1330.
- 9. Kormosh E.V. Adsorbcionnye svojstva produktov obogashhe¬nija prirodnyh montmorillonitsoderzhashhih glin / E.V. Kormosh, A.I. Vezencev, N.M. Zdorenko, L.F. Goldovska-ja // Nauchnye vedomosti BelGU. 2011. Vypusk 15, no. 9 (104). pp. 103–108.
- 10. Vezentsev A.I. Material composition and colloid-chemical properties of natural and modified montmorillonit clays / A.I. Vezentsev, L.F. Peristaya, A.V. Shamshurov, R.A. Cherkasov, E.V. Kormosh // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Vol. 9, no. 11. pp. 2358–2366.
- 11. Liseckij F.N., Goleusov P.V., Chepelev O.A., Bliznjuk M.V., Kucharuk N.S., Svirodova A.V. Baza dannyh jekologo-geohimicheskogo obsledovanija territorii kurskoj magnitnoj anomalii (v granicah Gubkinskogo i Storaoskolskogo rajonov Belgorodskoj oblasti). Svidetelstvo ob oficialnoj registracii bazy dannyh no. 2006620102. Zaregistrirovano v reestre baz dannyh 07.04.2006.
- 12. Vezencev A.I. Himiko-jekologicheskaja ocenka pochv i gliny Starooskolsko-Gubkinskogo promyshlennogo rajona po soderzhaniju svinca / A.I. Vezencev, L.F. Goldovskaja, F.N. Liseckij, N.A. Sidnina // Problemy regionalnoj jekologii. 2007. no. 1. pp. 23–29.
- 13. Metodicheskie ukazanija po opredeleniju metallov v pochvah selhozugodij i produkcii rastenievodstva. M.: CINAO, 1992. 61 p.
- 14. Kotenko E.A. Geojekologicheskie problemy KMA i puti ih reshenija / V.N. Morozov, V.K. Kushnerenko, V.N. Anisimov // Gornaja promyshlennost. 2003. no. 2. pp. 12–16.

УДК 665.6/7: 004.942

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ СБОРА И ПОДГОТОВКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Джалилова С.Н., Ушева Н.В., Ерофеев В.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, e-mail: erofeevvi@mail.ru, dzhalilovasn@mail.ru

Ключевые слова: водонефтяные эмульсии, математическое моделирование, модель, методы расчета, подготовка нефти

INCREASE IN PROCESS PERFORMANCE OF COLLECTION, PREPARATION OF HYDROCARBONIC RAW MATERIALS USING MATHEMATICAL MODELING

Dzhalilova S.N., Usheva N.V., Erofeev V.I.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: erofeevvi@mail.ru

Extraction and processing of oil – is one of the most important modern industry trends. The purpose of this work was the research of process of upholding of installation of trade preparation of oil. Seven options of technological modes of installation's operation were considered, in which certain process parameters (temperature, flow rate) were changed in order to optimize the most efficient mode of separating water from oil. The installation's operation mode was recommended based on the obtained data, in which the residual water is the lowest. In our case, it is the option number five with the following conditions: consumption rate is equal to 600,1 t/h, the temperature in the apparatus (S-1 = 2 °C, TTPS = 25 °C, EDH = 30 °C, XT (I, Ii) = 45 °C, VST = 30 °C), the final watercut at the outlet of the tank is equal to 0,12 %, and salt content is 62 mg/l, which meet the requirements.

Keywords: water-oil emulsions, mathematical modeling, model, methods of calculation, field oil treatment

В настоящее время важное значение приобретают работы связанные с добычей и переработкой нефти, так как продукты получаемые из них имеют высокую ценность. Добытая водонефтяная эмульсия в местах залегания нефтеносных пластов, помимо углеводородов, содержит в своем составе попутный газ, воду и механические частицы горной породы, песка. Компоненты, содержащиеся в водонефтяной эмульсии, если их не удалить и не привести их значения к требуемым нормам, создают множество проблем.

В последние годы в связи с сильным истощением нефтяных пластов наблюдается значительное ухудшение качества добываемой нефти, поэтому одной из актуальных задач являются рациональная и эффективная подготовка и переработка различных видов углеводородного сырья [1].

В настоящее время на большинстве крупных нефтяных, нефтегазоконденсатных и газовых месторождений сбор и под-

готовка нефти и попутных нефтяных газов включают в себя ряд технологических процессов: сепарация, обезвоживание, обессоливание, обезгаживание, стабилизация нефти, очистка и осушка углеводородных газов, переработка образующихся жидких углеводородных фракций.

Качество конечной подготовки нефти на нефтяных месторождениях зависит от исходного содержания воды, механических примесей, хлористых солей и давления насыщенных паров углеводородного сырья.

Процессы обезвоживания и обессоливания нефти практически одинаковы, так как вода извлекается из водонефтяных эмульсий вместе с растворенными в ней минеральными солями. Также для более полного обессоливания нефти возможно подавать дополнительно в водонефтяную эмульсию деэмульгатор и пресную воду, которая растворяет различные минеральные соли и переводит их в водную фазу и отделяется вместе с водой от нефти.

Фундаментальным исследованиям механизма образования, стабилизации и разрушения водонефтяных эмульсий посвящено большое количество работ [2-7], но всё же многие проблемы, связанные с такими явлениями, как коалесценция и дробление капель воды, расслоение и осаждение до сих пор окончательно не решены [2, 5, 7].

С применением моделирующей системы (МС) появляется возможность за короткий промежуток времени провести исследования изучаемых процессов в широком диапазоне варьирования параметров и затем провести анализ эффективности различных технологических режимов работы промышленного объекта. Расчеты на моделирующей системе позволяют рационально распределить затраты рабочего времени, а также трудовых ресурсов, также МС обладают возможностью стационарного моделирования основных технологических процессов установки подготовки нефти [5, 7].

Основными блоками разработанной МС технологии установок первичной подготовки нефти являются модули расчета процесса сепарации, каплеобразования, обезвоживания и обессоливания. В настоящей работе расчеты проводились на моделях процесса каплеобразования, сепарации и отстаивания. Существует большое количество различных методик расчета максимального диаметра капель, одна из которых приведена ниже [3]:

$$d_{\text{max}} = 43.3 \cdot \frac{\sigma^{1.5} + 0.7 \cdot \mu_{\text{B}} \cdot u^{0.7} \cdot \sigma^{0.8}}{u^{2.4} \cdot \text{Re}^{0.1} \cdot \nu_{\text{cm}}^{0.1} \cdot \rho_{\text{H}} \cdot \mu_{\text{H}}^{0.5}},$$

где d_{\max} — максимальный размер устойчивых капель:

σ – поверхностное натяжение;

 $\mu_{_{\rm B}}$, $\mu_{_{\rm H}}$ – динамическая вязкость воды и нефти соответственно;

u — средняя объемная скорость потока;

 $\gamma_{_{\text{CM}}}$ – кинематическая вязкость смеси; $\rho_{_{\text{H}}}$ – плотность нефти.

Основное уравнение расчета относительной обводненности нефти процесса отстаивания [6]:

$$\frac{\omega_{\rm cr} 18 \mu_{\rm rk} \left(1 - W_{\rm bbx}\right)^2}{d^2 \left(\rho_{\rm k} - \rho_{\rm rk}\right) g \left[\left(1 - W_{\rm bbx}\right)^2 - \left(1 - \frac{W_{\rm bbx}}{W_{\rm bx}}\right)^2 \right]} =$$

$$= \left(1 - W_{\rm bbx}\right)^{4,7},$$

где $\mu_{_{\Gamma K}}$ – вязкость входной эмульсии; $\omega_{_{CT}}$ – скорость стеснённого осаждения капли размером d;

 $W_{_{\mathrm{BY}}}$ – обводненность жидкой фазы на входе в разделитель жидкости, мас. доли;

 $W_{_{\rm BMX}}$ – обводненность жидкости на выходе из разделителя жидкости;

g – ускорение свободного падения, мас. лоли.

В результате проведенного расчета на математической модели получаем: составы газовой и жидкой фаз; физико-химические свойства потоков; материальный баланс по потокам; обводненность конденсата на выходе из аппарата.

Средняя относительная погрешность по обводненности не превышает 5%.

В качестве исходных данных использованы технологические параметры, физикохимические свойства и составы пластовой нефти с установки подготовки нефти месторождения Восточной Сибири [2].

Компонентный состав пластовой нефти приведен в табл. 1, физико-химические свойства нефти и технологические параметры приведены в табл. 2, технологические параметры и обводненность нефти на входе и выходе аппаратов приведены в табл. 3.

С помощью моделирующей системы были проведены расчёты установки подготовки нефти на нефтегазоконденсатном месторождении Восточной Сибири. При варьировании технологического режима (температуры) в определённом аппарате, менялись соответственно условия протекания процесса и выход продукта. Варианты варьирования технологических режимов приведены в табл. 4.

Рассмотрено семь вариантов технологических режимов работы установок, в которых менялся определённый технологический параметр (температура, расход) с целью оптимизации наиболее эффективного режима отделения воды от нефти. Температура – один из главных технологических параметров, которая приводит к снижению вязкости жидкостей, составляющих эмульсию, и уменьшает поверхностное натяжение на границе раздела фаз. Первый вариант технологической схемы соответствует условиям работы промышленной установки. Относительно базового варианта было проведено исследование, увеличивали температурный режим в ТФС (варианты 4, 5, 6), XT первого типа (варианты 2, 5, 6, 7). На основании полученных данных был определен оптимальный режим работы установки (вариант пять), при котором отделение воды происходит наиболее эффективно.

Таблица 1

Компонентный состав пластовой нефти

Компонентный состав	CH ₄	C_2H_6	C_3H_8	и-C ₄ H ₁₀	н-C ₄ H ₁₀	и-C ₅ H ₁₂	н-C ₅ H ₁₂	C ₄ H ₁₀₊	N ₂
Содержание, [% мол.]	44	8,8	5,7	1,2	2,8	1,4	1,6	33,6	0,9

Таблица 2 Физико-химические свойства нефти и технологические параметры фундаментального варианта расчета

Физико-химические свойства нефти и технологические параметры	Значения
Плотность, [кг/м³]	864,10
Вязкость при 20°C, [мм²/c]	29,54
Молекулярная масса, [г/моль]	292
Обводненность, [% мас.]	20
Производительность, [т/год]	8,4·106
Соотношение потоков между технологическими линиями	0,6:0,4
Критерий Рейнольдса (Re)	22802,13

Усредненные технологические параметры и обводненность нефти на входе и выходе аппаратов

Параметр, единица измерения		Аппарат			
	ТФС	ЭДГ	XT (I)	XT (Ii)	
Давление, [кгс/см ²]	4,9	3,1	2,3	2,79	
Температура, [°С]	15	30	39	45	
Расход, [т/час]	183,3	217,8	52,4	52,37	
Обводненность на входе, [% мас.]	20,9	2,2	20,9	20,93	
Обводненность на выходе, [% мас.]	2,2	1,2	5,0	1,27	

 Π р и м е ч а н и е : C-1 — сепаратор первой ступени; $T\Phi C$ — трехфазный сепаратор; $ЭД\Gamma$ — электродегидратор; XT (I) — аппарат «Хитер-Тритер» I типа; XT (Ii) — аппарат «Хитер-Тритер» I типа; PBC — резервуар вертикальный стальной.

Таблица 4 Таблица по аппаратам, с заданными технологическими условиями (расход (G) = 600142,86 кг/час, обводненность (W) на входе = 20,93 %)

Аппарат	Расход (G) = 60014	20,93%)	G = 500119,05 кг/час			
	1	2	G = 700166,6 кг/час	4	5	6	7
			$W_{BX} = 30\%$				
			3				
Вход С1	T = 2°C	T = 2°C	T = 2°C	T = 2°C	T = 2°C	T = 2°C	T = 2°C
ТФС	T = 15°C	T = 15°C	T = 15°C	T = 25 °C	T = 25 °C	T=25°C	T=15°C
ЭДГ	T=30°C	T=30°C	T = 30 °C	T = 30°C	T=30°C	T = 30°C	T=30°C
XT(I)	T=39°C	T = 45°C	T=39°C	T=39°C	T = 45 °C	T = 45 °C	T=45°C
XT(Ii)	T = 45 °C	T = 45°C	T = 45 °C	T = 45 °C	T = 45 °C	T = 45 °C	T=45°C
PBC	T = 30°C	T = 30°C	T=30°C	T=30°C	T = 30°C	T = 30°C	T=30°C

На рисунках, представлены в виде гистограмм, которые отображают расход воды в аппаратах, расход нефти в аппара-

тах, обводненность нефти на выходе, %; содержание солей в нефти на выходе из РВС, мг/л.

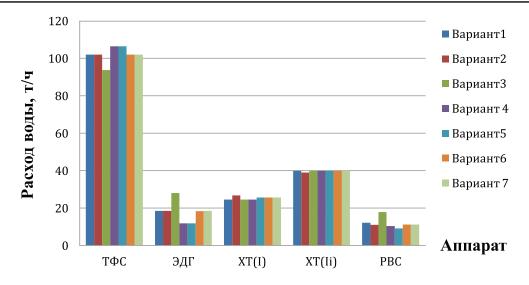


Рис. 1. Расход воды в аппаратах, т/ч

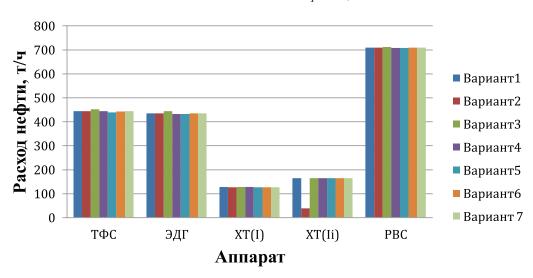


Рис. 2. Расход нефти в аппаратах, т/ч

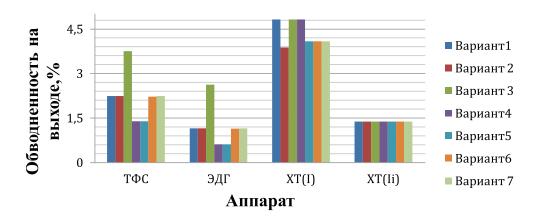


Рис. 3. Обводненность нефти на выходе из аппарата, при заданных технологических условиях, %

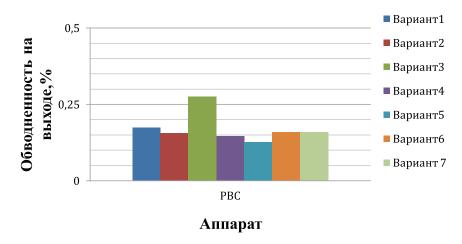


Рис. 4. Обводненность нефти на выходе из РВС, с показателем наилучшего результата отделения воды от нефти, %

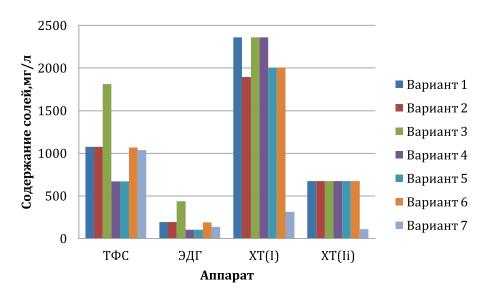


Рис. 5. Содержание солей в нефти на выходе из аппарата, при заданных технологических условиях, мг/л

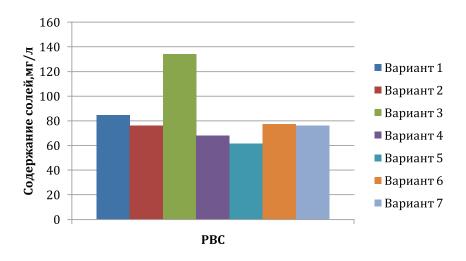


Рис. 6. Содержание солей в нефти на выходе из РВС, мг/л

На основании полученных данных рекомендован наиболее оптимальный режим работы установки, при котором остаточное содержание воды и солей в нефти будет наименьшим. В данном случае это будет вариант пять со следующими технологическими условиями: расход, равный 600,1 т/час, температура в аппарате (C1 = 2 °C, $T\Phi$ C = 25°C. ЭД $\Gamma = 30$ °C, $XT(I,Ii) = 45 \,^{\circ}C$ PBC = 30°C), при этом конечная обводнённость на выходе из резервуара будет равна 0.12% а содержание солей – 62 мг/л, что соответствует и удовлетворяет требованиям Технического регламента.

Список литературы

- 1. Ерофеев В.И. Проблемы и перспективы развития нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности России. // В сб.: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVII Межд. симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения акад. В.А. Обручева и 130-летию акад. М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск, 2013. Т. 2. С. 44–47.
- 2. Джалилова С.Н., Ушева Н.В., Ерофеев В.И. Исследование и корректировка технологических режимов процессов подготовки нефтяного сырья // Успехи современного естествознания. -2017. -№ 4. -С. 19–23.
- 3. Дунюшкин И.И. Сбор и подготовка скважинной продукции нефтяных месторождений. М.: ФГУП «Нефть и Газ, 2006. 320 с.
- 4. Келбалиев Г.И., Сафаров Ф.Ф. Исследование утончения межфазной пленки в процессах разделения нефтяных эмульсий // Химия и технология топлив и масел. -2011. -№ 14. C. 18–23.
- 5. Кравцов А.В., Ушева Н.В., Бешагина Е.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А., Гавриков А.А. Технологические

- основы и моделирование процессов промысловой подготовки нефти и газа: учеб. пособие. ТПУ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 126 с.
- 6. Тронов В.П. Разрушение эмульсий при добыче нефти. Φ ЭН.: Казань, 2000. 416 с.
- 7. Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Ким С.Ф., Гизатуллина С.Н. Влияние технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания нефти // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. Вып. 11. С. 101–103.

References

- 1. Erofeev V.I. Problemy i perspektivy razvitija neftepererabatyvajushhej i neftehimicheskoj promyshlennosti Rossii. // V sb.: Problemy geologii i osvoenija nedr. Trudy XVII Mezhd. simpoziuma im. akad. M.A. Usova studentov i molodyh uchenyh, posvjashhennogo 150-letiju so dnja rozhdenija akad. V.A. Obrucheva i 130-letiju akad. M.A. Usova, osnovatelej Sibirskoj gorno-geologicheskoj shkoly. Nacionalnyj issledovatelskij Tomskij politehnicheskij universitet. Tomsk, 2013. T. 2. pp. 44–47.
- 2. Dzhalilova S.N., Usheva N.V., Erofeev V.I. Issledovanie i korrektirovka tehnologicheskih rezhimov processov podgotovki neftjanogo syrja // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2017. no. 4. pp. 19–23.
- 3. Dunjushkin I.I. Sbor i podgotovka skvazhinnoj produkcii neftjanyh mestorozhdenij. M.: FGUP «Neft i Gaz, 2006. 320 p.
- 4. Kelbaliev G.I., Safarov F.F. Issledovanie utonchenija mezhfaznoj plenki v processah razdelenija neftjanyh jemulsij // Himija i tehnologija topliv i masel. 2011. no. 14. pp. 18–23.
- 5. Kravcov A.V., Usheva N.V., Beshagina E.V., Mojzes O.E., Kuzmenko E.A., Gavrikov A.A. Tehnologicheskie osnovy i modelirovanie processov promyslovoj podgotovki nefti i gaza: ucheb. posobie. TPU. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2012. 126 p.
- 6. Tronov V.P. Razrushenie jemulsij pri dobyche nefti. FJeN.: Kazan, 2000. 416 p.
- 7. Usheva N.V., Mojzes O.E., Kim S.F., Gizatullina S.N. Vlijanie tehnologicheskih parametrov na processy obezvozhivanija i obessolivanija nefti // Izvestija vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija. 2014. T. 57. Vyp. 11. pp. 101–103.

УДК 544.431.24:[546.733'732-31 + 546.723-31

КИНЕТИКА РАСТВОРЕНИЯ ОКСИДОВ КОБАЛЬТА ${\rm CO_3O_4}$ И ЖЕЛЕЗА ${\rm FE_3O_4}$ В СЕРНОЙ КИСЛОТЕ

¹Елисеева Е.А., ¹Слынько Л.Е., ²Плахотная О.Н., ³Кузин А.В., ³Горичев И.Г., ³Атанасян Т.К.

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: el.yakusheva@yandex.ru;

²Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, e-mail: Plahotnaya.o@mail.ru;

³Московский педагогический государственный университет, Москва, e-mail: tatanassian@mail.ru

Вопросы травления оксидных отложений с поверхности сталей, содержащих кобальт и железо, всегда имели практическую значимость и были актуальными. Изучив большое количество материала по данному вопросу, авторы констатируют, что некоторые аспекты проблемы еще не до конца изучены (к ним относятся влияние характеристик растворов электролитов, выявление механизма действия этих факторов). Оксиды кобальта и железа широко используются как катализаторы различных химических процессов (окисление метана и угарного газа, дегидрирование парафинов и др.). Их свойства зависят от особенностей поверхности, которая определяет кинетику растворения оксидов. Проведенные экспериментальные исследования по воздействию минеральных кислот (в частности, H_2SO_4) на скорость гетерогенной реакции (Co_3O_4 и Fe_3O_4 в кислой среде) выявили природу лимитирующей стадии, которая состоит в формировании поверхностных соединений вида — $MeOH_2^+ \circ \circ HSO_{4,8}^+$ и их последующего перехода в раствор электролита. Также разработан системный анализ кривых растворения оксидов для расчета кинетических параметров: энергии активации и порядков реакции по ионам водорода и сульфат-ионам.

Ключевые слова: оксид кобальта, оксид железа, кинетика, растворение, моделирование, модель Бартона – Странского, метод Хоугена – Ватсона

KINETICS OF DISSOLUTION OF OXIDES OF COBALT CO₃O₄ AND IRON FE₃O₄ IN SULFURIC ACID

¹Eliseeva E.A., ¹Slynko L.E., ²Plakhotnaya O.N., ³Kuzin A.V., ³Gorichev I.G., ³Atanasyan T.K.

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: el.yakusheva@yandex.ru; ²First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Moscow, e-mail: Plahotnaya.o@mail.ru; ³Moscow Teachers State University, Moscow, e-mail: tatanassian@mail.ru

Issues of etching oxide deposits from the surface of the steel containing cobalt and iron, always had the practical significance and were relevant. Having studied the great amount of material on the subject, the authors noted that some aspects of the problem are not yet fully explored (this includes the influence of characteristics of electrolyte solutions, revealing the mechanism of action of these factors). Cobalt and iron oxides are widely used as catalysts for various chemical processes (oxidation of methane and carbon monoxide, dehydrogenation of paraffins, etc.). Their properties depend on the characteristics of the surface that defines the kinetics of dissolution of oxides. Conducted a pilot study on effects of mineral acids (in particular, H_2SO_4) at a velocity of heterogeneous reactions (Co_3O_4 and Fe_3O_4 in an acidic medium) revealed the nature of sunset stage, which consists in the formation of surface-type compounds and their subsequent transition in electrolyte solution. A systematic analysis of the curves of the dissolution of oxides to calculate kinetic parameters: activation energy and orders of reaction of the hydrogen ion and sulfate ions.

Keywords: cobalt oxides, iron oxides, kinetics, dissolution, modelling, Barton-Stranskiy model, Hougen - Watson method

Проведенные экспериментальные исследования растворения оксидных фаз позволяют детально описать процессы поведения твердой фазы в кислой среде, объяснить явления, протекающие на поверхности оксидов, с учетом их кислотно-основных характеристик и механизма растворения, провести моделирование топохимических реакций.

Цель исследования состоит в изучении и моделировании процесса растворения Co_3O_4 и Fe_3O_4 в серной кислоте.

Материалы и методы исследования

Для исследований брали образцы массой $500 \text{ мг c d} = 80 \div 100 \text{ мкм. Идентифика-$

цию оксидов проводили методами рентгенофазового, ИК- и термоанализами.

Для выяснения механизма растворения твердых образцов оксидов металлов в кислых средах эксперимент проводился в приборе (термостатируемый реактор объемом 0,5 л) для изучения кинетики растворения твердых образцов, исключающем влияние, каких-либо неконтролируемых факторов на изучаемое явление. Температура опыта 363 К. Эксперимент проводился при различных значениях рН и концентрациях минеральной кислоты.

Через определенные промежутки времени проводили отбор проб жидкой фазы из

реакционного сосуда стеклянным фильтром Шотта. Концентрацию ионов кобальта определяли спектрофотометрически (спектрофотометр УФ-3100) с помощью роданида аммония, а железа — с помощью о-фенантролина.

Полученные экспериментальные данные по влиянию концентрации кислоты на скорость растворения оксида кобальта ${\rm Co_3O_4}$ и ${\rm Fe_3O_4}$ представлены на рис. 1 (точки – данные эксперимента, линии – результат моделирования). Долю растворенного вещества α рассчитывали по уравнению: $\alpha = {\rm D/D_c}$.

Результаты исследования и их обсуждение

Расчет кинетических параметров. Был проведен анализ экспериментальных кинетических данных с помощью уравнений гетерогенной кинетики, который позволил определить порядки реакций по различным ионам (n_i) , удельную скорость растворения (W_i) , ее зависимость от концентрации раствора, а также энергии активации реакций (E_a) [1–4].

Кинетика гетерогенных реакций базируется на обязательном учете изменения поверхности частиц в процессе растворения во времени, кроме того, как правило, гетерогенные реакции характеризуются постоянством скорости во времени (1) [5–7].

В этом случае скорость растворения оксида можно представить уравнением [8]:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = W_i \cdot f(\alpha), \tag{1}$$

где W_i – удельная скорость растворения; $f(\alpha)$ – функция, которая учитывает, как

меняется поверхность оксида с течением времени.

Для выяснения механизма растворения и моделирования этого явления брали модель Бартона — Странского (2):

$$\alpha = 1 - \exp[-A \cdot sh(W \cdot t)],$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = W(1 - \alpha)\sqrt{A^2 + \ln^2(1 - \alpha)} , \qquad (2)$$

где A — константа. Ее значение прямо пропорционально числу активных центров на поверхности одной частицы оксида.

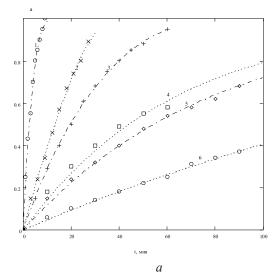
 $\hat{\mathcal{L}}$ ля нахождения значений переменных W и A использовались методы нелинейного регрессионного анализа и компьютерная программа MathCad.

Из данных таблицы и рис. 2 (точки — экспериментальные данные, линии — результат моделирования по уравнению (3)) следует, что оксид кобальта ${\rm Co_3O_4}$ растворяется быстрее в серной кислоте, чем оксид железа ${\rm Fe_3O_4}$. Порядок реакции по ионам водорода для двух оксидов равен приблизительно 0,5. (все результаты получены на основе модели Бартона — Странского).

Полученные данные позволяют описать связь удельной скорости растворения оксидов ${\rm Co_3O_4}$ и ${\rm Fe_3O_4}$ от концентрации ${\rm H_2SO_4}$ обобщенным уравнением

$$W = W_0 \cdot \left(\frac{[H^+]}{[H^+] + K_1} \right) \left(\frac{[A^-]}{[A^-] + K_2} \right) \cdot \left(e^{-\frac{E_a}{RT}} \right), (3)$$

где [A·]=[HSO $_4$ -], W_0 — константа скорости растворения, K_1 , K_2 — постоянные.



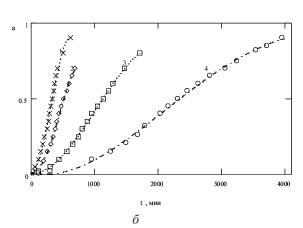
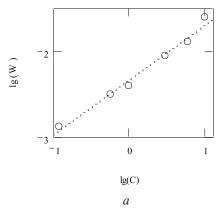


Рис. 1. а) зависимость доли растворенного оксида Co_3O_4 от времени при различных концентрациях серной кислоты (моль/л): 1-10.0; 2-5.93; 3-2.97; 4-1.0; 5-0.57; 6-0.12; T=363.2 K; δ) зависимость доли растворенного оксида Fe_3O_4 от времени при различных концентрациях серной кислоты (моль/л): 1-10.3; 2-7.82; 3-3.86; 4-2.44; T=293 K



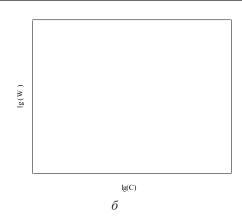


Рис. 2. а) зависимость логарифма скорости ($lg\ W$) от логарифма концентрации ($lg\ C(H,SO_4)$) при растворении $Co\ _3O\ _4$ в серной кислоте; б) зависимость логарифма скорости ($lg\ W$) от логарифма концентрации ($lg\ C(H,SO\ _4)$) при растворении $Fe\ _3O\ _4$ в серной кислоте

Таблица 1 Удельная скорость растворения оксидов ${\rm Co_3O_4}$ и ${\rm Fe_3O_4}$ в зависимости от концентрации ${\rm H_2SO_4}$

$[H_2SO_4]$, моль/л	lg W, мин ⁻¹	$[{ m H_2SO_4}]$, моль/л	lg W, мин ⁻¹
Co	$_{3}O_{4}$	Fe ₃	${}_{3}O_{4}$
0,12	-2,9	2,44	-3,5
0,57	-2,5	3,86	-3,1
1,00	-2,4	7,82	-2,8
2,97	-2,1	10,3	-2,6
5,93	- 1,9		
10,00	- 1,6		

Моделирование механизма растворения оксидов кобальта и железа в неорганической кислоте. Растворение оксидов в кислотах происходит на поверхностных дефектах кристаллической решетки, так называемых активных центрах растворения оксидов, адсорбировавших ионы H^+ и ионные пары H^+ ... A^- .

Метод Хоугена — Ватсона позволяет провести моделирование влияния рН и концентрации кислот на скорость растворения оксидов [8–10].

В этом случае скорость растворения оксидов кобальта и железа будет выражаться уравнением [9–10]:

$$W = W_0 \cdot \Gamma(H^+) \cdot \Gamma(MOH^+). \tag{4}$$

Предположительно на поверхности оксидов образуются частицы гидроксокомплексов металлов такого же состава, что и находящиеся в растворе. Для расчета концентрации гидроксокомплексов использовали уравнения материального баланса в реакциях гидролиза по ионам водорода, кобальта и железа; уравнения гидролиза по всем ступеням для расчета констант гидролиза [2, 8]. Метод Хоугена — Ватсона предполагает, что зависимость концентрации ионов на поверхности оксидов и в растворе подчиняется изотерме Ленгмюра, что позволяет связать поверхностную и объемную концентрации ионов (уравнение (5)).

Зависимость удельной скорости растворения оксидов кобальта ${\rm Co_3O_4}$ и ${\rm Fe_3O_4}$ в разбавленной серной кислоте выражается уравнениями (5–7).

Концентрацию ионов $Co(OH)_n^{3-n}$ и $Fe(OH)_n^{3-n}$ можно выразить через общую концентрацию ионов Co^{3+} и Fe^{3+} , если установлено их содержание в растворе. В этом случае $C(Co(OH)_n^{3-n}) = C(Co(III))^*\alpha_i$ и $C(Fe(OH)_n^{3-n}) = C(Fe(III))^*\alpha_i$. Тогда скорость равна

$$W = k \cdot \Gamma([H^{+}]) \cdot \Gamma(\text{Co(OH)}_{n}^{3-n}) = W^{0} \cdot \left(\frac{\text{C(Co(OH)}_{n}^{3-n})}{\text{C(Co(OH)}_{n}^{3-n}) + \text{K}_{2}}\right) \cdot \left(\frac{[H^{+}]}{[H^{+}] + [\text{K}_{1}]}\right) \cdot [H^{+}],$$

$$W = k \cdot \Gamma([H^{+}]) \cdot \Gamma(\text{Fe(OH)}_{n}^{3-n}) = W^{0} \cdot \left(\frac{\text{C(Fe(OH)}_{n}^{3-n})}{\text{C(Fe(OH)}_{n}^{3-n}) + \text{K}_{2}}\right) \cdot \left(\frac{[H^{+}]}{[H^{+}] + [\text{K}_{1}]}\right) \cdot [H^{+}].$$
 (5)

Если проводить моделирование процесса растворения оксида и принять, что ионы $CoOH^{2+}$ и $FeOH^{2+}$ выступают в качестве поверхностно-активных частиц, то зависимость скорости процесса от концентрации ионов будет выглядеть следующим образом (α_1 – количество ионов в растворе):

$$W_{2} = W_{2}^{0} \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{Co}^{3+}\right] \cdot \alpha_{1}}{\left[\operatorname{Co}^{3+}\right] \cdot \alpha_{1} + \operatorname{K}_{2}}\right) \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{H}^{+}\right]}{\left[\operatorname{H}^{+}\right] + \left[\operatorname{K}_{1}\right]}\right) \cdot \left[\operatorname{H}^{+}\right],$$

$$W_{2} = W_{2}^{0} \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{Fe}^{3+}\right] \cdot \alpha_{1}}{\left[\operatorname{Fe}^{3+}\right] \cdot \alpha_{1} + \operatorname{K}_{2}}\right) \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{H}^{+}\right]}{\left[\operatorname{H}^{+}\right] + \left[\operatorname{K}_{1}\right]}\right) \cdot \left[\operatorname{H}^{+}\right],$$
(6)

для ионов $Fe(OH)_2^+$ и $Co(OH)_2^+$:

$$W_{2} = W_{2}^{0} \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{Co}^{3+}\right] \cdot \alpha_{2}}{\left[\operatorname{Co}^{3+}\right] \cdot \alpha_{2} + \operatorname{K}_{2}}\right) \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{H}^{+}\right]}{\left[\operatorname{H}^{+}\right] + \left[\operatorname{K}_{1}\right]}\right) \cdot \left[\operatorname{H}^{+}\right],$$

$$W_{2} = W_{2}^{0} \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{Fe}^{3+}\right] \cdot \alpha_{2}}{\left[\operatorname{Fe}^{3+}\right] \cdot \alpha_{2} + \operatorname{K}_{2}}\right) \cdot \left(\frac{\left[\operatorname{H}^{+}\right]}{\left[\operatorname{H}^{+}\right] + \left[\operatorname{K}_{1}\right]}\right) \cdot \left[\operatorname{H}^{+}\right],$$
(7)

где α_2 — доля ионов $\mathrm{Co}(\mathrm{OH})_2^+$ и $\mathrm{Fe}(\mathrm{OH})_2^+$, W_0 — удельная константа скорости растворения; K_1 , K_2 — величины обратные константам адсорбции.

Чтобы выбрать поверхностно-активную частицу и проверить верность представленных уравнений, было проведено моделирование влияния различных значений рН на скорость растворения оксидов кобальта при различных значениях рН [10]. (Для магнетита моделирование аналогичное.) Результаты, полученные при моделировании, показаны на рис. 3.

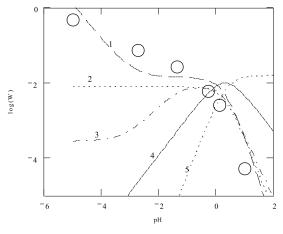


Рис. 3. Результаты моделирования влияния концентрации серной кислоты на удельную скорость растворения Co_3O_4 с учетом присутствия в растворе сульфатои гидроксокомплексов кобальта (3+). Точки — эксперимент, линии — моделирование с участием ионов: $1-CoHSO_4^{2+}$; $2-CoOHSO_4^{0+}$; $3-Co(OH)_2^{0+}$; $4-CoSO_4$; $5-CoOHSO_4^{0+}$

Результаты моделирования показали, что на поверхности оксида кобальта ${\rm Co_3O_4}$ и железа ${\rm Fe_3O_4}$ присутствует активная частица ${\rm CoOH^{2+}}$ и ${\rm FeOH^{2+}}$ в случае низкой концентрации ионов водорода. При увеличении концентрации серной кислоты скорость растворения начинает определять другая поверхностно-активная частица, а именно ${\rm CoHSO_4^{2+}}$ и ${\rm FeHSO_4^{2+}}$.

Выводы

- 1. На основе изучения кинетики растворения твердых фаз в растворах кислот показано, что необходимо учитывать влияние природы центров растворения оксидов на скорость реакции.
- 2. Разработан анализ кривых растворения (α -t) оксидов для расчета кинетических параметров (W_i , n_{H^+} , $E_{a\kappa}$). Модель Бартона Странского оптимальна для описания механизма растворения с учетом фрактальной геометрии.
- 3. Нами установлено, что оксид кобальта Co_3O_4 растворяется быстрее в серной кислоте, чем оксид железа Fe_3O_4 . Порядок реакции по ионам водорода для двух оксидов равен приблизительно 0,5.
- 4. При моделировании процессов растворения показано, что на поверхности оксида кобальта ${\rm Co_3O_4}$ и ${\rm Fe_3O_4}$ присутствует активная частица ${\rm FeOH^{2+}}$ и ${\rm CoOH^{2+}}$.

Список литературы

1. Бокштейн Б.С., Менделев М.И., Похвиснев Ю.В. Физическая химия: термодинамика и кинетика. – М.: Изд-во «МИСИС», 2012. – 258 с.

- 2. Батлер Дж. Ионные равновесия. Л.: Химия, $1973.-448~\mathrm{c}.$
- 3. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. М.: Мир, 1972. 555 с.
- 4. Барре П. Кинетика гетерогенных процессов. М.: Мир, 1976. 400 с.
- 5. Киселев М.Ю. Механизм и кинетика растворения пирита методом электрохимической хлоринации // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. -2010. № 4. С. 101–104.
- 6. Корценштейн Н.М., Самуйлов Е.В. Объемная конденсация при гетерогенных реакциях // Коллоидный журнал. 2013. Т. 75, № 1. 84 с.
- 7. Колесников В.А., Капустин В.А., Капустин Ю.И., Исаев М.К., Колесников А.В. Оксиды металлов перспективные материалы для электрохимических процессов // Стекло и керамика. 2016. № 12. С. 23–28.
- 8. Якушева Е.А., Горичев И.Г., Атанасян Т.К., Изотов А.Д. Изучение кинетики растворения оксидов кобальта (Co_3O_4 , Co_2O_3) при различных концентрациях H_2SO_4 , HCl, ЭДТА И рН // Волгоград: Тезисы XIX Менд. съезда по общей и прикладной химии. 2011. Т. 3 С. 366.
- 9. Якушева Е.А., Горичев И.Г., Атанасян Т.К., Лайнер Ю.А. Кинетика растворения оксидов кобальта в кислых средах // Металлы. -2010. -№ 2. C. 21–27.
- 10. Якушева Е.А., Горичев И.Г., Атанасян Т.К., Плахотная О.Н., Горячева В.Н. Моделирование кинетических процессов растворения оксидов кобальта и меди в серной кислоте // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2017. № 3. С. 124–134.

References

- 1. Bokshtejn B.S., Mendelev M.I., Pohvisnev Ju.V. Fizicheskaja himija: termodinamika i kinetika. M.: Izd-vo «MISIS», 2012. 258 p.
 - 2. Batler Dzh. Ionnye ravnovesija. L.: Himija, 1973. 448 p.
 - 3. Delmon B. Kinetika geterogennyh reakcij. M.: Mir, 1972. 555 p.
 - 4. Barre P. Kinetika geterogennyh processov. M.: Mir, 1976. 400 p.
- 5. Kiselev M.Ju. Mehanizm i kinetika rastvorenija pirita metodom jelektrohimicheskoj hlorinacii // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. 2010. no. 4. pp. 101–104.
- 6. Korcenshtejn N.M., Samujlov E.V. Obemnaja kondensacija pri geterogennyh reakcijah // Kolloidnyj zhurnal. 2013. T. 75, no. 1. 84 p.
- 7. Kolesnikov V.A., Kapustin V.A., Kapustin Ju.I., Isaev M.K., Kolesnikov A.V. Oksidy metallov perspektivnye materialy dlja jelektrohimicheskih processov // Steklo i keramika. 2016. no. 12. pp. 23–28.
- 8. Jakusheva E.A., Gorichev I.G., Atanasjan T.K., Izotov A.D. Izuchenie kinetiki rastvorenija oksidov kobalta (Co₃O₄, Co₂O₃) pri razlichnyh koncentracijah H₂SO₄, HCl, JeDTA I rN // Volgograd: Tezisy XIX Mend. sezda po obshhej i prikladnoj himii. 2011. T. 3. pp. 366.
- 9. Jakusheva E.A., Gorichev I.G., Atanasjan T.K., Lajner Ju.A. Kinetika rastvorenija oksidov kobalta v kislyh sredah // Metally. 2010. no. 2. pp. 21–27.
- 10. Jakusheva E.A., Gorichev I.G., Atanasjan T.K., Plahotnaja O.N., Gorjacheva V.N. Modelirovanie kineticheskih processov rastvorenija oksidov kobalta i medi v sernoj kislote // Vestnik MGTU im. N.Je. Baumana. Ser. Estestvennye nauki. 2017. no. 3. pp. 124–134.

УДК 54.02:542.6:577.113.083

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СРЕД ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ КЛЕТОК ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Рогатых С.В.

Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: rogatykhsv@yandex.ru

В статье приведено описание основных коммерческих и экспериментальных методик выделения ДНК из клеток микроорганизмов. Достоверность молекулярно-биологических методов, используемых при анализе структуры сообществ микроорганизмов, зависит от качества и репрезентативности препарата ДНК, полученного в процессе выделения из биоматериала. Оптимальный метод выделения ДНК должен обеспечивать эффективное отмывание прикрепленных бактериальных клеток от частичек грунта, лизис клеток и очистку от ингибиторов. Проведено экспериментальное сравнение нескольких комбинированных протоколов выделения ДНК, основанных на различных типах воздействия на клетки эубактерий и архей. Проанализированы методики, основанные на физическом (перетирание клеток с частицами SiO₂), ферментативном (обработка протеиназой К и лизоцимом), химическом (обработка GuSCN и СТАВ) воздействии на клетки и комбинированная методика, основанная на щелочном лизисе (КОН) в присутствии низкомолекулярного полимера полиэтиленгликоля (РЕG–200). Рекомендовано использовать для проведения молекулярного анализа структуры сообществ ацидофильных кемолитотрофных микроорганизмов методику, основанную на лизирующей активности гуанидинизотиоцианата.

Ключевые слова: нуклеиновая кислота, хемолитотрофные микроорганизмы, протеиназа, гуанидинизотиоцианат, выделение ДНК, оксид кремния

CHEMICAL COMPOSITION OF ENVIRON FOR ISOLATION OF DNA FROM CELLS OF CHEMOLITHOTROPHIC MICROORGANISMS

Rogatykh S.V.

Scientific research geotechnological centre Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: rogatykhsv@yandex.ru

The article describes the main commercial and experimental techniques for isolating DNA from microbial cells. The reliability of the molecular biological methods used in the analysis of the structure of microorganism communities depends on the quality and representativeness of the DNA preparation obtained in the process of isolation from the biomaterial. The optimal method of DNA isolation should provide effective washing of attached bacterial cells from soil particles, cell lysis and purification from inhibitors. Several combined DNA extraction protocols based on different types of effects on eubacterial and archaic cells have been compared experimentally. Methods based on physical (grinding of cells with SiO₂ particles), enzymatic (treatment with proteinase K and lysozyme), chemical (treatment with GuSCN and CTAB), exposure to cells and a combined technique based on alkaline lysis (KOH) in the presence of a low molecular weight polyethylene glycol polymer PEG-200). It is recommended to use a technique based on the lysing activity of guanidinium isothiocyanate for molecular analysis of the structure of the communities of acidophilic chemolithotrophic microorganisms.

Keywords: nucleic acid, chemolithotrophic microorganisms, proteinase, guanidinothothiocyanate, DNA isolation, silicon oxide

При применении методик идентификации хемолитотрофных организмов с использованием разновидностей полимеразной цепной реакции особенно остро встаёт вопрос о методах выделения и очистки бактериальной хромосомной ДНК. Ещё более важным он становится при использовании разновидностей ПЦР, в ходе которых проводится количественный анализ (ПЦР в реальном времени и т.д.). Наличие нелизированных клеток вносит в той или иной мере существенные погрешности в результаты количественного анализа и в ряде случаев может привести к недостоверным результатам.

Некоторые методы выделения ДНК могут вносить искажение в результат количе-

ственного анализа за счёт неэффективного лизиса клеток, сорбции ДНК на частичках грунта, наличия в препарате ферментативных и других ингибиторов, а также потери ДНК или нарушения ее структуры. Кроме того, качество препарата оказывает влияние на достоверность анализа, основанного на методах прямого определения нуклеотидной последовательности (секвенирования) и клонирования, широко применяемых при изучении структуры сообществ [1, 2].

Существует множество способов воздействия на клетки с целью их разрушения и последующей очистки содержащихся в них нуклеиновых кислот: химический,

физический и ферментативный. К самым распространенным физическим способам относятся обработка ультразвуком, нагревание, механическое перетирание и разрушение клеточной стенки методом замораживания/оттаивания [3]. Химические способы разрушения клеток основаны на лизирующей активности некоторых солей и детергентов. И, наконец, к третьему распространенному способу воздействий относятся ферментативные подходы, использующие активность протеолитических ферментов (лизоцима и протеиназы К). Следует отметить, что наиболее распространенные методы выделения ДНК практически всегда представляют собой комплексный подход, включающий несколько этапов пробоподготовки.

В связи с этим целью работы стала апробация нескольких способов выделения ДНК и выбор метода, наиболее подходящего для анализа накопительных культур сообществ ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов. Получаемая смесь нуклеиновых кислот должна быть репрезентативной и, по возможности, сохранять количественное соотношение копий геномов каждого вида, входящего в состав пробы. Выполнение последнего условия необходимо для проведения точного количественного анализа сообществ.

Основной проблемой, которая должна была быть учтена при выборе методики выделения бактериальной ДНК, является неоднородность свойств данных микроорганизмов, среди которых особенно следует выделить свойства их клеточных стенок. Как известно, лизис грамположительных бактерий и архей (сходных по строению клеточной стенки с грамположительными эубактериями) осуществить гораздо сложнее по сравнению с лизисом грамотрицательных бактерий. А поскольку среди исследуемых микроорганизмов присутствуют представители всех вышеупомянутых групп, остро встаёт задача выбора универсальной методики выделения ДНК.

Для выделения ДНК (РНК) из клеток их необходимо предварительно лизировать. Пробоподготовка проводится также для удаления из полученного материала ингибиторов Таq-полимеразы (белковых примесей и др.) и различных РНКаз. Обработка проб проводится в микроцентрифужных пробирках типа «Эппендорф» объемом 1,5 мл. Время обработки в зависимости от метода доходит до 3–4 ч.

На данный момент существует целый ряд методов для выделения ДНК из клеток. Анализ методик выделения ДНК наиболее целесообразно проводить среди методов, используемых с этой целью в практике клинического молекулярно-биологического анализа, поскольку большинство этих методов имеют относительно универсальный характер.

Следует отметить также достаточно низкий уровень освещённости подобных методов в русскоязычной литературе. Повидимому, это связано с тем, что большинство лабораторий используют для выделения и очистки ДНК заводские наборы, при работе с которыми используются приписанные к ним протоколы.

Целью данной работы является анализ существующих методик выделения ДНК и выявление наиболее приемлемых из них для выделения хромосомного генетического материала из хемолитотрофных ацидофильных микроорганизмов, принадлежащих к родам Acidithiobacillus, Sulfobacillus и Ferroplasma.

Приведем небольшой обзор методов выделения ДНК, используемых в клинической и лабораторно-диагностической практике, и анализ возможностей их применения.

Метод выделения ДНК одношаговый с использованием «Tri reagent». Проба смешивается с 500 мкл 0,9% раствора хлорида натрия и центрифугируется при 5000 об/мин в течение 10 мин дважды с заменой супернатанта 0,9% раствором NaCl. Затем осадок обрабатывают лизирующим раствором – раствор «Tri reagent» фирмы Sigma (США) с добавлением детергентов (рН 8,0) и инкубируют при +95°C в термостате или кипящей водяной бане в течение 10 мин. Далее центрифугируют для осаждения нелизируемых клеточных структур и капель жидкостей на стенках пробирки. Данный метод рекомендуется для выделения ДНК из клеток, культур клеток и монослойной ткани из цельной крови, плазмы или сыворотки.

Метод выделения ДНК путем термического лизиса в присутствии сорбента. Вместо лизирующего раствора для лизиса клеток применяется высокая температура. В пробу добавляют катиониты, которые связывают белки, и кипятят на водяной бане в течение 5–10 мин. Если в дальнейшем выделенная ДНК будет использована для классической ПЦР, а не для её разновидностей, и при наличии чистых культур, для выделения можно воспользоваться модифицированной методикой — с отсут-

ствием сорбента. Культуральный материал ресуспендируют в 100 мкл ТЕ (10 мМ ТрисНСІ рh8.0, 1мм ЭДТА). Затем кипятят на водяной бане в течение 3 мин. Центрифугируют в течение 15 мин при 12000 об/мин. Супернатант можно использовать для ПЦРамплификации. Основным плюсом этого метода являются его высокая скорость и относительная простота исполнения. А к наиболее значимым недостаткам следует отнести вероятность попадания в выделенный образец примесей, ингибирующих ПЦР.

Метод выделения ДНК с помощью фенольно-спиртовой депротеинизации лучил широкое распространение, и его модификации используются в качестве основных способов экстракции ДНК. В пробирки вносят 0,9 мл лизирующего буферного раствора, 22 мл 0,2 М раствора ЭДТА, 2,6 г Тритона Х 100 и 40 мкл суспензии сорбента, встряхивают на вортексе и прибавляют 50 мкл исследуемого материала. Встряхивают 5 с, оставляют при комнатной температуре на 15 мин, вновь встряхивают 5 с и центрифугируют 15 с при 12000 об/мин. Супернатант удаляют, осадок сорбента отмывают дважды, сначала отмывающим раствором, а затем 2 раза 70% этанолом и один раз ацетоном (все промывающие жидкости вносят в пробирку в объеме 0,5 мл). Затем пробирки с открытыми колпачками прогревают в течение 10 мин при 56°С в микротермостате. К высушенным осадкам добавляют 50-75 мкл элюирующего буфера. Пробирки закрывают крышками и недолго встряхивают на вортексе, инкубируют при 56°C в течение 10 мин, вновь встряхивают на вортексе и центрифугируют 2 мин при 12000 об/мин. Супернатант содержит ДНК и РНК и пригоден для амплификации.

Выделение ДНК путем гуанидинтиоцианат-фенол-хлороформной экстракции. Метод применяется для выделения ДНК, клеточной мРНК, а также вирусных ДНК и РНК. В настоящее время он упрощен благодаря комбинации денатурирующего агента (гуанидинтиоцианата) и фенола в одном растворе. В пробирку «Эппендорф» помещают 3 мкл носителя нуклеиновых кислот. Затем добавляют 900 мкл денатурирующего раствора и через 15 мин – 200 мкл хлороформа. Центрифугируют 12000 об/мин в течение 5 мин. Полученный супернатант переносят в другую пробирку с 700 мкл изопропанола, оставляя растворы на 15 мин при комнатной температуре. Затем пробу центрифугируют 10 мин при 12000 об/мин, удаляют супернатант и осадок обмывают 0,5 мл 70% этанола. Центрифугируют 5 мин при 12000 об/мин и удаляют супернатант. Высушивают полученный осадок, а затем растворяют в 30 мкл буфера для растворения. Оставляют на 15 мин при комнатной температуре, затем перемешивают и центрифугируют 5–10 с. Фирма «Sigma» (США) предложила вместо хлороформа, который является высокотоксичным веществом, использовать 1-бром-3-хлоропропан, не уступающий по своим свойствам, но значительно менее опасный.

Метод экстракции ДНК с использованием набора «DIAtomTM DNA Prep». Данный метод является одним из наиболее эффективных для выделения ДНК с минимальной продолжительностью экстрагирования (25 мин для 4–8 жидких проб), не уступающий, а в ряде случаев и превосходящий зарубежные аналоги и по своим характеристикам предназначенный для выделения ДНК из различных биологических материалов (жидкостей, мелкоизмельченных твердых материалов, пятен крови и т.д.), а также для быстрой очистки ДНК из клинических проб (цельной крови, плазмы, сыворотки, мочи, соскобов слизистой и т.д.).

Принцип действия набора «DIAtomTM DNA Prep» основан на использовании лизирующего агента с гуанидинтиоцианатом, который предназначен для разрушения клеток, а также денатурации клеточных нуклеаз. В присутствии лизирующего реагента ДНК активно сорбируется на NucleoSTM сорбенте, затем легко отмывается от солей и белков спиртовым раствором. ДНК, элю-ированная из сорбента Экстра-ГеномTM или чистой водой, может исследоваться различными методами, в том числе с участием разновидностей полимеразной цепной реакции.

Метод выделения ДНК с применением набора «ЕхtraGeneTM DNA Prep». Метод предназначен для быстрого (не более одного часа) выделения ДНК из цельной крови, пятен крови или других биологический жидкостей, из клеточных суспензий. Метод не требует использования фенола с хлороформом и осаждения ДНК этиловым спиртом. Для выделения используется ExtraGeneTM смола и протеиназа К. Принцип действия отечественного набора ExtraGeneTM DNA основан на использовании смолы (смеси ионообменников) для обессоливания среды сорбции низкомолекулярных пептидов и хелатирования (маскировки) двухзаряд-

ных катионов металлов (Mg²⁺, Mn²⁺, Ca²⁺ и т.д.) и применении протеиназы К для инактивации нуклеаз и других ингибиторов белковой природы. При этом ДНК остается в супернатанте растворенной и свободной, готовой к использованию непосредственно в амплификационных реакциях без дальнейшей очистки [4].

Метод сорбции на силикагеле предполагает лизис микроорганизмов в концентрированном растворе гуанидинтиоцианата, кроме этого обеспечивается сорбция ДНК или РНК на частицах силикагеля в суспензии. Далее после четырех промывок и центрифугирования суммарная нуклеиновая кислота элюируется с высушенного силикагеля водой или слабосолевым буфером.

Для оценки эффективности методов выделения ДНК из смешанных культур, а также для выбора наиболее удобной и универсальной методики нами были отобраны несколько комбинированных протоколов очистки ДНК основанных на различных типах воздействия на клеточную стенку бактерий. Были проанализированы методики, основанные на механическом (перетирание клеток с частицами SiO₂) [5], ферментативном (обработка протеиназой К и лизоцимом) [6], химическом (обработка GuSCN [7] и СТАВ) воздействии на клеточные стенки бактерий, а также применена комбинированная методика щелочного лизиса (КОН) в присутствии низкомолекулярного полимера (PEG-200). В выделение во всех случаях брали 500 мкл образца. Перед этапом лизиса пробы промывали фосфатным буфером (рН 1,8) два раза. После каждой промывки клетки и частицы грунта осаждали центрифугированием при 13000 об/мин в течение 10 минут.

При перетирании с частицами SiO, ocaдок ресуспендировали в 200 мкл раствора содержащего 20% ДДС (100 мМ NaCl, 500 мM Tris (рH 8,0), 20 % ДДС), к раствору добавляли 20 мкл раствора частиц SiO₂ (0,005 г/л) производства «SigmaAldrich» (США) в ТЕ-буфере. Перемешивали в течение 5-10 мин. После сорбции ДНК частицы осаждали центрифугированием, супернатант удаляли. ДНК элюировали в 100 мкл воды при температуре 60°C. Ферментативный способ лизиса заключался в ресуспендировании осадка в 500 мкл буфера (100 мМ NaCl, 100 мМ Tris, 1 мМ цитрата натрия, 5 мМ CaCl₂, 25 мМ ЭДТА, рН 8,0). К раствору добавляли 60 мкл лизоцима (0,1 г/л) «Fermentas» (Литва) и инкубировали при температуре 37 °C в течение 40 мин. Добавляли 10 мкл 20 % ДДС, 60 мкл протеиназы К (20 мг/мл) «Fermentas», инкубировали при 50 °C в течение 30 мин. При обработке СТАВ осадок ресуспендировали в 500 мкл лизирующего буфера (0,2 М Tris-HCl, рН 8,0, 0,05 М ЭДТА, 2 М NaCl, 2 %-ный СТАВ), инкубировали в течение 30 мин при температуре 65 °C. При обработке КОН осадок ресуспендировали в 500 мкл лизирующего буфера (10 % ПЭГ — 200, 20 мМ КОН), инкубировали 10 мин при температуре 98 °C.

Модификация методики с гуанидинтиоцианатом заключается в том, что образцы культур объёмом 500 мкл центрифугируют на 13000 об/мин в течение 5 минут, после чего «отмывают» осадок в фосфатном буфере PBS для удаления ингибирующих ПЦР примесей. После подобных процедур выделение ДНК следует производить по стандартному протоколу, несколько отличающемуся от стандартной методики.

К 200 мкл образца культуры добавляем 400 мкл лизирующего раствора (5,25 М GuSCN, 50 мМ Tris, pH 6,4, 20 мМ ЭДТА, 1,3% тритон), перемешиваем и термостатируем при 65°C 30 мин. Добавляем 400 мкл водонасыщенного фенола (рН 7,2), перемешиваем. Добавляем 400 мкл смеси хлороформа и 100%-ного изоамилового спирта в соотношении 24:1, перемешиваем. Центрифугируем в течение 10 минут при 13000 об/мин. Верхнюю водную фазу переносим в новую пробирку, добавляем 800 мкл смеси хлороформа и изоамилового спирта в соотношении 24:1, перемешиваем. Центрифугируем в течение 10 минут при 13000 об/мин. Верхнюю фазу переносим в новую пробирку, добавляем 400 мкл изопропанола, перемешиваем. Центрифугируем в течение 5 минут при 13000 об/мин. Удаляем надосадочную жидкость, добавляем 800 мкл 70%-ного этанола, перемешиваем. Центрифугируем в течение 5 минут при 13000 об/мин. Удаляем надосадочную жидкость, осадок высушиваем в термостате при температуре 55°С не более 10 минут. Растворяем осадок в 50 мкл ТЕ-буфера путём периодического перемешивания и нагрева при 55°C.

После этапа лизиса проводили очистку от ингибиторов с помощью стандартной методики фенол-хлороформной экстракции [8]. После преципитации ДНК растворяли в 50 мкл ТЕ-буфера.

Рассмотренные нами методики выделения и очистки хромосомной бактериальной

ДНК являются относительно универсальными, а значит, могут быть использованы при работе с хемолитотрофными микроорганизмами. При экспериментальном подтверждении выбранные нами методы продемонстрировали значительные отличия в эффективности выделения нуклеиновых кислот из предоставленных накопительных культур. Это может объясняться и различной эффективностью очистки от ингибиторов, и комплексным составом исследованных образцов [9].

Наилучший результат получен для методики, основанной на лизирующей активности GuSCN. Сходный по эффективности результат был получен для ферментативной методики, однако в данном случае на результат оказали влияние остатки бактериальных нуклеиновых кислот, содержащиеся в реагентах, использованных при выделении ДНК. Использование ферментов при выделении ДНК приводит к значительному сдвигу кривой контроля выделения.

Показана низкая эффективность методик, основанных на лизирующей активности бромида цетилтриметиламмония (СТАВ) и на физическом воздействии на клетки с помощью частиц SiO₂. Для методики, основанной на лизирующей активности КОН, в присутствии PEG-200, получен средний результат, однако ее принципиальным недостатком является низкая степень очистки препарата ДНК от ингибиторов, в частности ионов железа, содержащихся в некоторых культуральных средах. В то же время этот метод показал лучший результат для проб, содержащих микроорганизмы, не окисляющие железо.

Полученные результаты позволяют рекомендовать для проведения молекулярного анализа структуры сообществ ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов методику, основанную на лизирующей активности GuSCN с последующей очисткой фенолом и хлороформом, поскольку данная методика является апробированной на культурах хемолитотрофных микроорганизмов, достаточно освещена в литературе и может осуществляться при помощи стандартных наборов для выделения ДНК. Данная методика может быть использована для самых различных разновидностей ПЦР, в том числе и для количественной real-time ПЦР [10]. Она может быть реализована при использовании набора «Проба-НК» производства НПО «ДНК-Технология». Однако из-за большого количества стадий добавления и удаления растворов при работе с образцом требуется высокая степень аккуратности, т.к. возможна перекрёстная контаминация между пробами образующейся аэрозолью ДНК [11].

К числу рекомендуемых следует отнести также метод выделения ДНК путем ферментативного лизиса. При эффективном апробировании данного метода на практике его можно отнести к числу пригодных и рекомендуемых для выделения хромосомной бактериальной ДНК хемолитотрофных микроорганизмов, принадлежащих к родам Acidithiobacillus, Sulfobacillus и Ferroplasma.

Список литературы

- 1. Schneegurt M.A., Dore S.Y., Kulpa C.F.Jr. Direct extraction of DNA from soils for studies in microbial ecology // Curr. Issues Mol. Biol. -2003.-vol.5, N_{$\!$}1. -P. 1-8.
- 2. Sanger F., Coulson A. R. A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymeras // J. Mol. Biol. -1975. vol. 94, N 3. P. 441–448.
- 3. Zammit C.M., Mutch L.A., Watkin E.L.J., Watling H.R. Evaluation of quantitative real-time polymerase chain reaction for enumeration of biomining microorganisms in culture // Hydrometallurgy. -2008.-vol.~94,~Ne~1-4.-P.~185-189.
- 4. Chomczynski P., Rymaszewski M. Alkaline PEG-based method for direct PCR from Bacteria, Eukaryotic tissue samples, and whole blood // BioTechniques. − 2006. − vol. 40, № 4. − P 454–458
- 5. Boyle J.S., Lew A.M. An inexpensive alternative to glassmilk for DNA purification // Trends in Genetics. -1995. vol. 11, N_2 1. -P. 8.
- 6. Liu C.Q., Plumb J., Hendry P. Rapid specific detection and quantification of bacteria and archaea involved in mineral sulfide bioleaching using real-time PCR. Biotechnology and Bioengineering. 2006. vol. 94, N₂ 2. P. 330–336.
- 7. Данилевич В.Н., Гришин Е.В. Способ выделения геномной ДНК из клеток микроорганизмов // Патент России № 2177035. 2001. Бюл. № 35.
- 8. Chomczynski P., Sacchi N. Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction // Anal. Biochem. − 1987. − vol. 162, № 1. − P. 156–159.
- 9. Рогатых С.В. Оценка качественного и количественного состава сообществ культивируемых ацидофильных микроорганизмов методами ПЦР-РВ и анализа библиотеки клонов / С.В. Рогатых, А.А. Докшукина, О.О. Левенец, С.В. Мурадов, И.А. Кофиади // Микробиология. 2013. Т.82, № 2. С. 212–217.
- 10. Yue-li H., Dick W.A., Tuovinen O.H. PCR amplification of 16S rDNA sequences in fe-rich sediment of coal refuse drainage // Biotechnology letters. 2002. vol. 24, N 13. P. 1049–1053.
- 11. Kermekchiev M.B., Kirilova L.I., Vail E.E., Barnes W.M. Mutants of Taq DNA polymerase resistant to PCR inhibitors allow DNA amplification from whole blood and crude soil samples // Nucleic Acids Research. 2009. vol. 37, N_2 5. P. 40.

References

- 1. Schneegurt M.A., Dore S.Y., Kulpa C.F.Jr. Direct extraction of DNA from soils for studies in microbial ecology // Curr. Issues Mol. Biol. 2003. vol. 5, no. 1. pp. 1–8.
- 2. Sanger F., Coulson A. R. A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymeras // J. Mol. Biol. 1975. vol. 94, no. 3. pp. 441–448.

- 3. Zammit C.M., Mutch L.A., Watkin E.L.J., Watling H.R. Evaluation of quantitative real-time polymerase chain reaction for enumeration of biomining microorganisms in culture // Hydrometallurgy. 2008. vol. 94, no. 1–4. pp. 185–189.
- 4. Chomczynski P., Rymaszewski M. Alkaline PEG-based method for direct PCR from Bacteria, Eukaryotic tissue samples, and whole blood // BioTechniques. 2006. vol. 40, no. 4. pp. 454–458.
- 5. Boyle J.S., Lew A.M. An inexpensive alternative to glassmilk for DNA purification // Trends in Genetics. 1995. vol. 11, no. 1. pp. 8.
- 6. Liu C.Q., Plumb J., Hendry P. Rapid specific detection and quantification of bacteria and archaea involved in mineral sulfide bioleaching using real-time PCR. Biotechnology and Bioengineering. 2006. vol. 94, no. 2. pp. 330–336.
- 7. Danilevich V.N., Grishin E.V. Sposob vydelenija genomnoj DNK iz kletok mikroorganizmov // Patent Rossii no. 2177035. 2001. Bjul. no. 35.

- 8. Chomczynski P., Sacchi N. Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction // Anal. Biochem. 1987. vol. 162, no. 1. pp. 156–159.
- 9. Rogatyh S.V. Ocenka kachestvennogo i kolichestvennogo sostava soobshhestv kultiviruemyh acidofilnyh mikroorganizmov metodami PCR-RV i analiza biblioteki klonov / S.V. Rogatyh, A.A. Dokshukina, O.O. Levenec, S.V. Muradov, I.A. Kofiadi // Mikrobiologija. 2013. T.82, no. 2. pp. 212–217.
- 10. Yue-li H., Dick W.A., Tuovinen O.H. PCR amplification of 16S rDNA sequences in fe-rich sediment of coal refuse drainage // Biotechnology letters. 2002. vol. 24, no. 13. pp. 1049–1053.
- 11. Kermekchiev M.B., Kirilova L.I., Vail E.E., Barnes W.M. Mutants of Taq DNA polymerase resistant to PCR inhibitors allow DNA amplification from whole blood and crude soil samples // Nucleic Acids Research. 2009. vol. 37, no. 5. pp. 40.

УДК 543.421/.424:[577.112.383.2 + 577.112.383.5

ВЛИЯНИЕ ГИДРОФИЛЬНОСТИ ЦВИТТЕР-ИОННЫХ ФОРМ СЕРИНА И ТРЕОНИНА НА КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ

¹Щербакова Н.Е., ²Тен Г.Н., ³Баранов В.И.

¹Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Capamos, e-mail: hainl@yandex.ru;

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, e-mail: TenGN@yandex.ru;

³Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

Выполнен расчёт частот и интенсивностей полос поглощения ИК-спектров цвиттер-ионных форм серина и треонина для водного раствора, учитывающий взаимодействие с водой двумя методами: методом учёта влияния сил Ван-дер-Ваальса (модель самосогласованного реактивного поля SCRF) и методом образования водородных связей между серином, треонином и молекулами воды. Сравнение экспериментальных спектров серина и треонина, измеренных в водном растворе, с теоретическими ИК-спектрами показывает, что спектры находятся в хорошем согласии только в том случае, если применяются одновременно оба метода, что является результатом проявления их гидрофильности. При образовании комплексов наблюдаются конформационные изменения серина и треонина, связанные с уменьшением СС, СN+ и увеличением СО- длин связей на 0,3%, а также изменением на 3–5 град валентных углов. Значения длин водородных связей, как для серина, так и треонина, имеют характерные значения для биполярной и карбоксильной группы и равны 2,86, 2,74 и 2,80 Å для N+H...O_w, О·...НО_w, Оф...О_w соответственно. Влияние водородных связей на колебательные ИК-спектры серина и треонина приводит к уменьшению интенсивности полос поглощения, относящихся к валентным колебаниям v(СОО-), а также смещению в высокочастотную область частот деформационных колебаний б(N+H₂).

Ключевые слова: серин, треонин, водный раствор, метод самосогласованного реактивного поля, комплексы с молекулами воды, ИК колебательный спектр, интерпретация, гидрофильность

THE EFFECT OF HYDROPHILITY OF ZWITTERIONIC-IONIC FORMS OF SERINE AND THREONINE ON THE VIBRATIONAL ABSORPTION SPECTR

¹Scherbakova N.E., ²Ten G.N., ³Baranov V.I.

¹Russian Research Anti-Plague Institute «Microbe», Saratov, e-mail: hainl@yandex.ru; ²N.G. Chernyshevskiy Saratov State University, Saratov, e-mail: TenGN@yandex.ru; ³V.I. Vernadskiy Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Carried out was calculation of frequencies and intensities of the absorption bands of IR spectra of serine and threonine zwitterionic-ionic forms for the aqueous solution, taking into account the interaction with water by two methods the method of accounting the influence of the Van der Waals forces (model of self-consistent reaction field SCRF) and the method of formation of hydrogen bonds between serine, threonine and water molecules. Comparison of the experimental spectra of serine and threonine, measured in an aqueous solution, with the theoretical IR spectra shows that the spectra are in good agreement only if both methods are applied simultaneously, that is the result of their hydrophilicity. The formation of complexes with observed conformational changes of serine and threonine is associated with a decrease in SS, SP+ and an increase in the CO bond lengths of 0.3 % and a variation on 3–5 degrees of valence angles. Values of the lengths of the hydrogen bonds for serine and threonine are typical values for bipolar and carboxyl groups and are equal to 2,86, 2,74 and 2,80 Å for N⁺H...O_w, O⁺...HO_w and OH...O_w, respectively. The influence of hydrogen bonds on the vibrational IR spectra of serine and threonine leads to decrease in the intensity of the absorption bands related to the stretching vibrations $\nu(\text{COO}^+)$ and offset of the frequency of deformation vibrations $\delta(\text{N}^+\text{H}_+)$ in the high-frequency region.

Keywords: serine, threonine, aqueous solution, self-consistent reaction field method, complexes with water molecules, the IR vibrational spectrum, interpretation, hydrophility

Многие свойства и функции аминокислот (АК) зависят от их способности взаимодействовать с водой. Одни из АК легко образуют различные комплексы с молекулами воды, структура других, напротив, содержит различные молекулярные фрагменты (гидрофобные группы), препятствующие взаимодействию АК с водой. Именно гидрофильность или гидрофобность АК, характеризующие их сродство к воде, играют определяющую роль в таких важных процессах жизнедеятельности, как усвоение

аминокислот и выведение продуктов реакции из организма, а также обеспечивают сворачиваемость белков [1–3].

Важным аспектом исследования АК в водном растворе является их структура. Как известно, в водном растворе АК в соответствии со своей амфотерной природой могут иметь разную ионную форму при разных рН. Поскольку в нейтральном водном растворе все АК, независимо от их гидрофильности или гидрофобности, имеют цвиттер-ионную форму, то возникает

необходимость определить, как гидрофильность влияет на колебательные спектры АК.

Для решения этой задачи необходимо в первую очередь определить, какой использовать метод для анализа гидрофильности вещества. В настоящее время существуют различные экспериментальные и теоретические методы исследования этого свойства. В частности, предлагаются различные статистические модели расчета гидрофобной и гидрофильной гидратации, методы молекулярной динамики для исследования структурных и энергетических характеристик гидратации вещества, используется методика расчёта энергии сольватации малых гидрофобных частиц и вычисления потенциала их взаимодействия и т.д. [4].

Несомненно, спектральные методы являются одними из самых широко используемых традиционных методов исследования взаимодействия вещества с водой. Межмолекулярное взаимодействие вещества с водой приводит к смещению частот валентных колебаний, участвующих в образовании водородных связей, и изменению интенсивности соответствующих полос поглощения.

Цель данной работы — определить влияние гидрофильности на колебательные спектры цвиттер-ионных форм серина (Ser) и треонина (Thr).

Метод расчёта

Оптимизация структуры АК и их комплексов с молекулами воды, а также расчёт колебательных спектров проводился по программе Gaussian-09 с использованием метода DFT в приближении B3LYP и базисного набора 6-311++g(d,p) [5].

Для характеристики межмолекулярного взаимодействия (ММВ) можно использовать два метода: метод эффективного учёта ММВ (например, с помощью модели самосогласованного реактивного поля SCRF), либо непосредственный учёт ММВ, который предполагает образование молекулярных комплексов АК с молекулами воды. Цвиттер-ионные формы всех АК, независимо от их гидрофобности или гидрофильности, стабилизируются первым методом. При этом для алифатических аминокислот, а также цистеина и метионина, обладающих свойством гидрофобности, наблюдается хорошее согласие экспериментальных и вычисленных колебательных спектров. Очевидно, что для АК, обладающих свойством гидрофильности, возможно образование водородных связей с молекулами воды, что окажет влияние на колебательные спектры и приведёт к значительному изменению спектров по сравнению со спектрами, вычисленными только с помощью метода эффективного учёта ММВ. Основной критерий проявления гидрофильности цвиттер-ионных форм Ser и Thr в водном растворе сравнение вычисленных и экспериментальных колебательных спектров рассматриваемых АК.

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее целесообразно выполнять расчёт ИК-спектров Ser и Thr, поскольку спектры КР менее чувствительны к проявлению водородных связей. Кроме того, анализ проявления гидрофильности ограничить спектральной областью 600–1700 см-1. что связано с наличием экспериментальных колебательных спектров водных растворов Ser и Thr для этой области. Большинство колебаний в области 600-1700 см-1 являются деформационными, которые значительно меньше подвержены влиянию водородных связей и для большинства молекул редко бывают характеристичными. Именно поэтому влияние водородных связей на колебательный спектр в рассматриваемой области будет иметь индивидуальный характер и давать однозначный ответ о характере взаимодействия Ser и Thr с молекулами воды.

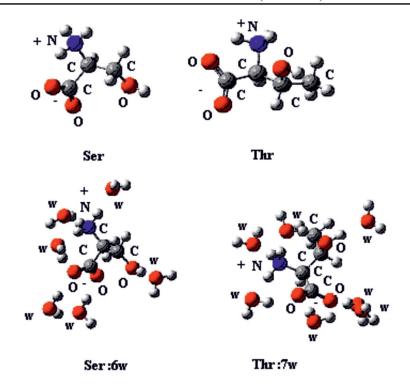
Молекулярные диаграммы Ser и Thr, а также комплексы Ser с шестью (Ser:6w) и Thr с семью (Thr:7w) молекулами воды приведены на рис. 1.

Образование водородных связей между Ser, Thr и молекулами воды приводит к конформационному изменению АК. В комплексе Ser:6w наблюдается уменьшение СС, CN⁺ и увеличение СО⁻ длин связей на 0,3 %; изменение валентных углов не превышает 3–5 град. Длины водородных связей N⁺H... O_w, O⁻...HO_w и OH...O_w равны 2.86, 2.74 и 2.80 Å, соответственно. Для комплекса Thr:7w структурные изменения носят аналогичный характер.

Вычисленные в гармоническом приближении значения частот нормальных колебаний Ser и комплекса Ser:6w приведены в табл. 1.

Влияние водородных связей на колебательный ИК-спектр Ser приводит к следующим характерным изменениям:

- 1) наблюдается уменьшение интенсивности (в \sim 2 раза) полосы поглощения, относящейся к валентному колебанию ν (COO⁻);
- 2) частоты деформационных колебаний $\delta(N^+H_3)$ смещаются в высокочастотную область на $150-200~{\rm cm}^{-1}$.



 $Puc.\ 1.\ M$ олекулярные диаграммы цвиттер-ионных форм $Ser,\ Thr\ u$ комплексов $Ser\ c\ 6\ u\ Thr\ c\ 7$ молекулами воды

Вычисленные (ν_{p} , см-1) значения частот и интенсивностей спектров ИК ($I_{\rm ИК}$, км/моль) Ser и комплекса Ser:6w

No		S	er		Se	er:6w
	v_{p}	$I_{ m MK}$	Отнесение	ν _p	$I_{\scriptscriptstyle m MK}$	Отнесение
10	667	15,2	δ(CCN ⁺)	634	26,3	δ(CCN ⁺)
11	764	9,0	ω(COO-)	775	127,2	τ(COH)
12	833	97,0	τ(COH)	785	49,1	ω(COO-)
13	934	57,9	v(C-C)	993	21,1	ν(C-C)
14	976	53,2	ν(CN ⁺)	1000	13,4	ν(CN ⁺)
15	1027	49,2	ω(CH ₂)	1046	23,0	$\omega(N^+H_3)$
16	1088	87,5	ν(CO)	1090	42,8	v(CO)
17	1100	56,7	$\omega(N^+H_3)$	1169	17,2	$\tau(N^+H_3)$
18	1139	30,5	$\tau(N^+H_3)$	1195	9,0	$\omega(CH_2)$
19	1255	1,1	τ(CH ₂)	1249	8,7	δ(COH)
20	1273	69,4	δ(СОН)	1328	83,4	$\tau(CH_2)$
21	1325	126,0	ν(COO-) sym	1342	76,1	$\delta(CH_2)$ asym
22	1353	89,4	$\delta(CH_2)$ asym	1380	73,7	δ(CH)
23	1358	61,9	δ(CH)	1405	68,5	ν(COO-) sym
24	1428	526,6	$\delta(N^+H_3)$ sym	1477	15,1	$\omega(CH_2)$
25	1475	30,0	ω(CH ₂)	1510	6,1	$\delta(CH_2)$ sym
26	1520	5,2	$\delta(CH_2)$ sym	1596	114,4	$\delta(N^+H_3)$ sym
27	1623	114,4	$\delta(N^+H_3)$ asym	1655	374,1	v(COO-) asym
28	1665	47,9	δ(N ⁺ H ₃) asym	1724	28,7	$\delta(N^+H_3)$ asym
29	1670	736,8	ν(COO-) asym	1733	54,3	$\delta(N^+H_3)$ asym

 $[\]Pi$ р и м е ч а н и е : ν — валентные колебания связи; δ — деформационные колебания; ω — веерные, τ — крутильные колебания.

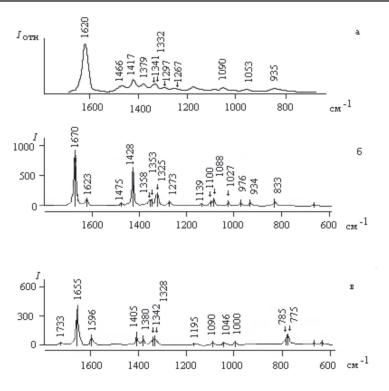


Рис. 2. Экспериментальный (a) [6] и вычисленные ИК-спектры Ser (б) и комплекса Ser:6w (в) в водном растворе

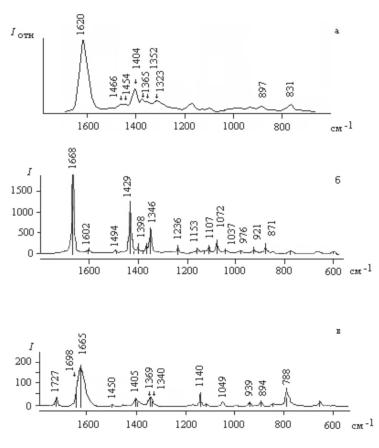


Рис. 3. Экспериментальный (a) [6] и вычисленные ИК-спектры Thr (б) и комплекса Thr:7w (в) в водном растворе

No	Thr			Thr:7ω		
	V _p	$I_{_{ m UK}}$	Отнесение	V _p	$I_{\scriptscriptstyle m MK}$	Отнесение
13	660	18,8	δ(CCN ⁺)	651	31,1	δ(CCN ⁺)
14	768	21,3	δ(CCC)	788	122,1	δ(CCC)
15	839	7,0	δ(CCC)	846	9,0	δ(CCC)
16	871	97,0	ω(COO-)	894	35,5	ω(COO-)
17	921	60,6	ω(N ⁺ H ₃)	939	28,9	ν(CN ⁺)
18	976	34,8	ν(CN ⁺)	986	10,5	ω(N ⁺ H ₃)
19	1037	43,4	v(C-C)	1049	36,9	v(C-C)
20	1072	121,6	τ(COH)	1114	14,5	τ(COH)
21	1107	67,4	$\tau(N^+H_3)$	1140	84,1	τ(CH ₃)
22	1124	32,0	τ(CH ₃)	1168	11,3	τ(N ⁺ H ₃)
23	1153	52,0	v(CO)	1186	11,2	ν(CO)
24	1236	65,8	δ(СОН)	1295	6,3	δ(CH)
25	1285	4,4	δ(СН)	1340	30,8	δ(СОН)
26	1346	278,3	ν(COO-) sym	1369	40,0	δ(CH)
27	1364	65,5	δ(СН)	1376	20,5	ν(COO-) sym
28	1382	22,8	δ(СН)	1402	23,1	δ(CH)
29	1398	73,5	$\omega(CH_2)$	1405	33,3	ω(CH ₂)
30	1416	20,0	$\delta(CH_3)$ sym	1450	13,3	δ(CH ₃) sym
31	1429	510,5	$\delta(N^+H_3)$ sym	1495	10,8	$\delta(CH_3)$ asym
32	1487	8,7	δ(CH ₃) asym	1502	6,5	δ(CH ₃) asym
33	1494	22,7	$\delta(CH_3)$ asym	1601	15,3	δ(N ⁺ H ₃) sym
34	1602	53,6	δ(N ⁺ H ₃) asym	1665	190,8	ν(COO-) sym
35	1668	707,7	ν(COO-) sym	1698	79,7	δ(N ⁺ H ₃) asym
36	1670	85,7	δ(N ⁺ H ₃) asym	1727	50,4	δ(N ⁺ H ₃) asym

 Π р и м е ч а н и е : ν – валентные колебания связи; δ – деформационные колебания; ω – веерные, τ – крутильные колебания.

В результате образования водородных связей Ser с молекулами воды наблюдается изменение частот и интенсивностей полос поглощения по сравнению с частотами и интенсивностями ИК-спектра, вычисленного методом SCRF (рис. 2, б), что приводит к хорошему согласию с экспериментальным спектром Ser (рис. 2, а и в).

Результаты расчёта частот нормальных колебаний и интенсивностей полос поглощения ИК-спектра Thr и комплекса Thr:7w приведены в табл. 2.

Влияние внутримолекулярной водородной связи между полярной группой N^+H_3 и связью ОН приводит к тому, что частота деформационного колебания $\delta(N^+H_3)$ в спектре Thr выше частоты валентного $\nu(COO^-)$ колебания. Образование водород-

ных связей Thr с молекулами воды приводит к ещё бо́льшему (на $\sim 50{\text -}150~\text{см}^{-1}$) смещению частот деформационных колебаний $\delta(\text{N}^+\text{H}_3)$ в высокочастотную область. Так же, как и в спектре Ser, наблюдается уменьшение интенсивности полос поглощения, относящихся к валентному колебанию $\nu(\text{COO}^-)$, но оно более существенно от 3, 5 до 10 раз (табл. 2).

Изменения, наблюдающиеся в ИКспектре комплекса Thr:7w (рис. 3, б, в), приводят к хорошему согласию с экспериментальным спектром Thr, измеренным для водного раствора (рис. 3, а).

Выводы

Таким образом, расчёт частот и интенсивностей ИК-спектров поглощения комплек-

сов гидроксиаминокислот показал, что при расчёте колебательных спектров Ser и Thr в водном растворе недостаточно выполнять расчёты только методом эффективного учёта ММВ. Необходимо одновременно использовать и метод эффективного учёта ММВ, и метод непосредственного учёта ММВ за счёт образования молекулярных комплексов АК с молекулами воды, что подтверждается хорошим согласием экспериментальных и вычисленных ИК-спектров Ser и Thr и является результатом их гидрофильности.

Список литературы

- 1. Гараев С.Н., Редкозубова Г.В., Постолати Г.В. Аминокислоты в живом организме. Кишинев, 2009. 552 с.
- 2. Кухта В.К., Морозкина Т.Е., Олецкий З.И., Таганович А.Д. Биологическая химия: учебник / под ред. А.Д. Тагановича. М.: БИНОМ, 2008. 688 с.
- 3. Parker F.S. Application of infrared spectroscopy in biochemistry, biology and medicine. New York: Plenum press, $1971.-483~\rm p.$
- 4. Чуев Г.Н., Соколов В.Ф. Оценка гидрофобного эффекта на основе метода функционала плотности среды // Биофизика. -2006. Т. 51, № 3. С. 402–408.

- 5. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B. et al. Gaussian 09. Gaussian Inc., Wallingford CT. $-\,2009.-394$ p.
- 6. Hernández B., Pflüger F., Adenier A., Nsangou M., Kruglik S.G., Ghomi M. Energy maps, side chain conformational flexibility, and vibrational features of polar amino acids L-serine and L-threonine in aqueous environment // J. Chem. Phys. 2011. V. 135. P. 055101–055107.

References

- 1. Garaev S.N., Redkozubova G.V., Postolati G.V. Aminokisloty v zhivom organizme. Kishinev, 2009. 552 p.
- 2. Kuhta V.K., Morozkina T.E., Oleckij Z.I., Taganovich A.D. Biologicheskaja himija: uchebnik / pod red. A.D. Taganovicha. M.: BINOM, 2008. 688 p.
- 3. Parker F.S. Application of infrared spectroscopy in biochemistry, biology and medicine. New York: Plenum press, 1971, 483 p.
- 4. Chuev G.H., Sokolov V.F. Ocenka gidrofobnogo jeffekta na osnove metoda funkcionala plotnosti sredy // Biofizika. 2006. T. 51, no. 3. pp. 402–408.
- 5. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B. et al. Gaussian 09. Gaussian Inc., Wallingford CT. 2009. $394\ p.$
- 6. Hernández B., Pflüger F., Adenier A., Nsangou M., Kruglik S.G., Ghomi M. Energy maps, side chain conformational flexibility, and vibrational features of polar amino acids L-serine and L-threonine in aqueous environment // J. Chem. Phys. 2011. V. 135. pp. 055101–055107.

УДК 630*435

КОНЦЕПЦИЯ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ НОРМАТИВОВ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЛЕСОПОЖАРНЫМИ ФОРМИРОВАНИЯМИ И ИХ ОСНАЩЕНИЮ

Савченкова В.А., Коршунов Н.А., Провин К.Н.

ФАУ ДПО «Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства», Пушкино, e-mail: v9651658826@yandex.ru

В целях реализации Федерального закона «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования регулирования лесных отношений» от 23.06.2016 № 218-ФЗ авторами статьи разработана концепция по установлению нормативов обеспеченности субъекта Российской Федерации лесопожарными формированиями, пожарной техникой и оборудованием, противопожарным снаряжением и инвентарем, иными средствами предупреждения и тушения лесных пожаров, которая включена в основу проекта постановления Правительства Российской Федерации о минимальном перечне техники, противопожарного снаряжения и инвентаря, закрепляемого за лесопожарными формированиями, размещенного в настоящее время в интернет-ресурсах, на федеральном портале проектов нормативных правовых актов для общественного обсуждения. Авторы статьи являются разработчиками данной концепции и, принимая во внимание важность взаимодействия представителей науки и производства, считают необходимым ее дополнительное опубликование в целях расширения круга участников обсуждения важной для предприятий лесной отрасли проблемы. Сложная экономическая ситуация, сложившаяся на предприятиях лесного комплекса, а также необходимость повышения эффективности расходования средств и принятия рациональных управленческих решений, в статье предлагается концепция по установлению нормативов, с помощью которых можно было бы однозначно определять, с одной стороны, необходимое, а с другой – достаточное количество сил и средств пожаротушения. В статье предложен системный подход решения вопроса, связанного с предупреждением, своевременным обнаружением и тушением лесных пожаров на закрепленной территории, включая содержание средств предупреждения и тушения лесных пожаров в готовности, обеспечивающей возможность их немедленного использования при тушении лесных пожаров, а также осуществление противопожарной пропаганды среди населения. Нормативы численности лесопожарных формирований в настоящее время отсутствуют. Данная концепция положена в основу проекта постановления Правительства Российской Федерации о минимальном перечне техники, противопожарного снаряжения и инвентаря, закрепляемого за лесопожарными формированиями.

Ключевые слова: лесопожарные формирования, лесопожарные подразделения, лесные пожары, лесопожарная станция, авиаотделение

THE CONCEPT ON THE SETTLEMENT OF NORMATIVE PROVISIONS FOR THE SECURITY OF THE SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION WITH FIRE-FIGHTING FORMATIONS AND THEIR EQUIPMENT

Savchenkova V.A., Korshunov N.A., Provin K.N.

All-Russian Institute of Continuous Education in Forestry (ARICEF), Pushkino, e-mail: v9651658826@yandex.ru

In order to implement the Federal law «On amendments to the Forest code of the Russian Federation and certain legislative acts of the Russian Federation to improve the regulation of forest relations» from 23.06.2016 No. 218-FZ the authors developed the concept on the establishment of standards of security of the Russian Federation the forest fire units, fire appliances and equipment fire-fighting equipment and inventory, other means of prevention and suppression of forest fires, which is included in the basis of the draft resolution of the Government of the Russian Federation on the minimum list of equipment, fire-fighting equipment and inventory, assign fire groups, placed currently in the Internet, on the Federal portal of draft regulations for public comment. The authors of the article are the authors of the concept and, taking into account the importance of cooperation of representatives of science and production, I consider it necessary its additional publication in order to expand the circle of participants of discussion relevant to the enterprises of forest sector problems. In connection with diffcult economic situation at the forest enterprises in the article is offered a concept for legalization standards which can help to determine the necessary and sufficient amount of firefighting forces and resources. The concept was developed for improving efficiency of spending funds and making of rational management decisions. The paper proposed a systematic approach of addressing prevention, timely detection and suppression of forest fires in the area, including the contents of the means of preventing and extinguishing forest fires in readiness, which enable their immediate use in extinguishing forest fires and implementation of fire-prevention propaganda among the population. Standards for the number of forest fire units are not currently available. This concept is the basis for the draft resolution of the Government of the Russian Federation on the minimum list of equipment, fire-fighting equipment and inventory, assign fire groups.

Keywords: firefighting formations, firefighting units, forest fires, forest firefighting station, air department

В настоящее время действующими нормативами, определяющими обеспеченность субъекта Российской Федерации пожарной техникой и оборудованием, противопожар-

ным снаряжением и инвентарем, иными средствами предупреждения и тушения лесных пожаров, является Положение о пожарно-химических станциях, утвержденное

приказом Рослесхоза от 19.12.1997 № 167. Однако оно морально устарело и носит только рекомендательный характер, а обеспеченность нормативами численности лесопожарных формирований так и не была определена.

Актуальность выбранной темы обоснована целью настоящего исследования — обеспечение лесопожарных формирований показателями норм численности и критериями, их обосновывающими. В законодательной и нормативной сфере довольно много проблем, касающихся лесной охраны [1].

Изучены и проанализированы существующие подходы к оценке численности лесопожарных формирований в субъектах Российской Федерации, являющихся, согласно действующему законодательству, структурными подразделениями государственных бюджетных, казенных и автономных учреждений (далее — лесопожарные формирования). Произведена оценка численности лесопожарных формирований путем опытного исчисления их оптимальной численности, то есть нормирование.

Исследование проводилось методом статистического анализа многолетних сведений о лесных пожарах, лесорастительных особенностях регионов, природной пожарной опасности лесов:

- проведен исходный предварительный анализ исследуемой реальной системы;
- собрана исходная информация согласно детальному плану и введена в электронно-вычислительную машину;
- произведена первичная статистическая обработка данных, в ходе которой отображены переменные, описанные текстом в порядковую шкалу, проанализированы резко выделяющиеся наблюдения, восстановлены пропущенные наблюдения, проверена статистическая независимость элементов исходной выборки.

Вследствие большого массива статистических данных о лесных пожарах, которые не представляется возможным разместить в рамках данной статьи, в таблице представлены обобщенные сведения.

В настоящее время бытует мнение, что направление, связанное с лесным хозяйством, является менее перспективным и поэтому его финансирование происходит по остаточному принципу. В связи с этим многие субъекты Российской Федерации вынуждены сократить средства на содержание лесопожарных формирований для того, чтобы избежать ликвидации предприятия. Ана-

лиз современного состояния лесопожарных формирований субъектов Российской Федерации показал, что проблема заключается в недостаточном научном обосновании численности лесопожарных формирований, что приводит к снижению эффективности их функционирования. Устранение проблемной ситуации должно заключаться в привязке расчетов численности лесопожарных формирований к наиболее важным и емким показателям, отражающим уровень горимости лесов [2], периоды пожароопасного сезона, отраженные в региональных шкалах оценки пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды, к средним многолетним показателям количества лесных пожаров и их площади, а также другим показателям.

Обобщенные статистические данные о лесных пожарах, зарегистрированных на землях лесного фонда

	На землях лесного фонда									
Года	Количество	Площадь,								
	случаев	пройденная								
	лесных пожаров,	лесными пожарами,								
	тыс. ед.	тыс. га								
2006 г.	25,5	1274,4								
2007 г.	16,1	1225,1								
2008 г.	24,6	2365,4								
2009 г.	21,7	2492,9								
2010 г.	32,3	2367,6								
2011 г.	19,5	1574,6								
2012 г.	19	2269,5								
2013 г.	9,7	1395,1								
2014 г.	16,1	3603,5								
2015 г.	11,3	2621,8								
2016 г.	10,2	2663,5								

Система охраны лесов от пожаров представляет собой совокупность подсистем предупреждения лесных пожаров, мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров, а также их тушения.

При расчете нормативов для подсистемы тушения лесных пожаров использованы усредненные значения количества и площади лесного пожара в момент начала тушения, его ликвидации, времени распространения лесного пожара от начала тушения до его локализации, протяженности периметра площади, пройденной огнем, а также количество пожаров, действующих в один день.

В качестве объектов, для которых произведена оценка численности лесопожарных формирований (далее – объект расчета), рассмотрены авиационные лесопожарные фор-

мирования (авиаотделения, авиагруппы) и наземные лесопожарные формирования (лесопожарные станции, ранее пожарно-химические станции). В целях установления оптимального режима и способов тушения лесных пожаров территории, на которых расположены леса, разделяются на районы применения авиационных сил и средств пожаротушения и наземных сил и средств пожаротушения [3].

В целях расчета нормативов обеспеченности субъектов Российской Федерации лесопожарными формированиями, техникой и оборудованием по каждому субъекту Российской Федерации определено среднегодовое количество пожаров и пройденная ими площадь по данным за 10 лет. Затем определена плотность (частота) пожаров на 1 млн га площади лесного фонда каждого субъекта Российской Федерации в год. Например, площадь лесного фонда Иркутской области 69,42 млн га, среднегодовое число пожаров за 10 лет — 1303, частота пожаров по субъекту Российской Федерации составит 19 случаев на 1 млн га (1303/39,42).

Определена также среднегодовая площадь, пройденная пожарами за 10 лет, приходящаяся на 1 тыс. га лесного фонда субъекта Российской Федерации. Например, среднегодовая площадь пожаров в Красноярском крае составила 136798,6 га, тогда относительная горимость по площади будет равна 0,86 га (136798,6/158734,8).

Среднегодовое число пожаров, их площадь, а также частота пожаров (на 1 млн га) и их площадь на 1 тыс. га, относительная и абсолютная горимость определены по каждому субъекту Российской Федерации. Доля площадей 1—3 класса природной пожарной опасности (%) определена на основании данных Лесных планов субъектов Российской Федерации.

После определения указанных показателей произведен расчет в следующей последовательности:

- определена протяженность границы среднегодовой площади, пройденной огнем (расстояние в км);
- рассчитано время, потраченное на тушение огня по границе среднегодовой площади, с учетом производительности бульдозера и лесного пожарного, использующего РЛО или грабли, час (расстояние разделили (км) на производительность (км/час));
- рассчитано количество необходимой техники, оборудования и людей для тушения огня по границе среднегодовой площади (часы разделены на 8 часов длитель-

ность одного рабочего дня по Трудовому кодексу Российской Федерации);

- скорректировано количество необходимой для тушения огня по границе среднегодовой площади, с учетом процента площадей 1–3 класса природной пожарной опасности (количество техники, оборудования и людей для тушения границы среднегодовой площади, пройденной огнем, умножить на соответствующий процент и разделить на 100%).

Затем произведен расчет разницы между данными о количестве специализированных лесопожарных формирований, представленными в сводных планах тушения лесных пожаров и полученными расчетным путем.

Аналогично произведен расчет разницы между данными о средствах пожаротушения, представленными в сводных планах тушения лесных пожаров, и данными, полученными расчетным путем.

С учетом средней заработной платы в субъекте Российской Федерации рассчитано дополнительное финансирование, необходимое для комплектации сил и средств пожаротушения в тех субъектах Российской Федерации, в которых указанная разница сформировалась со знаком «-», то есть недостающие средства на содержание сил пожаротушения.

Принимая во внимание требование пункта 4 статьи 53.3 Лесного кодекса Российской Федерации (далее – Лесной кодекс) при формировании концепции по установлению нормативов обеспеченности субъекта Российской Федерации лесопожарными формированиями, пожарной техникой и оборудованием, противопожарным снаряжением и инвентарем, иными средствами предупреждения и тушения лесных пожаров, определено, что орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области лесных отношений создает лесопожарные формирования для осуществления охраны лесов от пожаров (далее – ЛПФ).

Выбор типа лесопожарных формирований планируется на основе трех уровней: участкового лесничества, лесничества, межрайонного уровня (для маневрирования силами).

Концепция определения количества и состава ЛПФ уполномоченным органом заключается в том, что ЛПФ участкового лесничества должно обеспечивать одновременное тушение на закрепленной территории одного лесного пожара, возникающего за 1 день. Если показатель среднемноголет-

него количества лесных пожаров на территории участкового лесничества больше 1, создается ЛПФ участкового лесничества в виде отдельной лесопожарной команды, способной тушить не менее 2 пожаров за 1 день.

ЛПФ второго уровня, то есть лесничества, создается при условии, если показатель по среднемноголетнему количеству пожаров в день на территории входящих в него участковых лесничеств меньше 1. ЛПФ этого уровня должно обеспечивать на территории закрепленных за ним всех участковых лесничеств одновременное тушение среднемноголетнего количества лесных пожаров, возникающих за 1 день, участвовать в тушении крупных лесных пожаров и оказании помощи в тушении пожаров на прилегающих к лесному фонду территориях в соответствии с заключенными договорами. При ЛПФ лесничеств формируются лесопожарные команды, способные тушить до 4 пожаров за 1 день.

ЛПФ третьего уровня – межрайонного, создается для обслуживания нескольких лесничеств с целью тушения всех возникающих крупных лесных пожаров и предотвращения чрезвычайных ситуаций, вызванных ими, а также оказания помощи в тушении лесных пожаров ЛПФ лесничеств (участковых лесничеств) при высокой пожарной опасности.

При планировании лесопожарных подразделений авиационных сил и средств пожаротушения (авиаотделения) районы применения авиационных сил и средств пожаротушения устанавливаются в лесах, расположенных на территориях со слаборазвитой или отсутствующей дорожной сетью, на которые прибытие наземных сил и средств пожаротушения невозможно в течение 3 часов с момента обнаружения лесного пожара.

В районах применения авиационных сил и средств пожаротушения выбор количества работников и распределение авиаотделений осуществляется на основании расчета численности десантников-пожарных и парашютистов-пожарных с учетом плотности возникающих пожаров на охраняемой территории лесничеств, оборачиваемости групп, типов используемых воздушных судов и схем их применения.

Таким образом, лесопожарное формирование – группа работников (бригада, команда, отряд) с техническими средствами, предназначенная для выполнения мероприятий по охране лесов от пожаров, в том

числе по предупреждению, обнаружению и тушению лесных пожаров, проведению профилактических мероприятий. Лесопожарное формирование состоит из работников различных профессий и (или) подразделений, а при необходимости и разной ведомственной принадлежности, имеет постоянную и (или) временную внутреннюю организационную структуру. Примерами формирований являются команды и группировки сил, созданные из подразделений разных ведомств, группы, созданные из привлеченных лиц (населения, неспециализированных организаций и т.п.), группы добровольцев-волонтеров [4].

Основными территориальными структурными подразделениями в лесах на землях лесного фонда, особо охраняемых территорий, землях обороны и безопасности являются:

а) в районах применения наземных сил и средств пожаротушения: лесопожарная станция (далее – ЛПС);

б) в районах применения авиационных сил и средств пожаротушения: авиационное отделение (далее – авиаотделение).

Численный состав и оснащенность лесопожарных формирований, созданных на временной основе, устанавливается решениями органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области лесных отношений или руководством лесопожарных организаций самостоятельно, при необходимости в зависимости от лесопожарной ситуации и локальных особенностей горимости лесов.

Концепция обеспечения субъекта Российской Федерации лесопожарными формированиями и их оснащением положена в основу проекта постановления Правительства Российской Федерации о минимальном перечне техники, противопожарного снаряжения и инвентаря, закрепляемого за лесопожарными формированиями. В настоящее время ведется работа по дальнейшему преобразованию ее в соответствующие нормативы, которые будут дополнены минимальным перечнем резервной пожарной техники, оборудования и инвентаря при ЛПС-3, в соответствии с которым органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, уполномоченным в области лесных отношений, будет определяться техническое оснащение ЛПФ всех типов. Нормативы обеспеченности субъекта Российской Федерации лесопожарными формированиями, пожарной техникой и оборудованием, противопожарным снаряжением и инвентарем, иными средствами предупреждения и тушения лесных пожаров устанавливаются Правительством Российской Федерации [5].

При этом в данной концепции базовыми условиями для обеспечения эффективности работы лесопожарных формирований и оптимизации расходов на их создание и содержание являются:

- 1. Квалифицированный персонал. Сознательное замещение используемого ранее понятие «рабочий» или «рабочий по тушения пожаров» новой профессией «лесной пожарный» на основании профессионального стандарта. Установление в нормативном документе минимальных базовых (типовых) требований к знаниям, опыту, компетенциям для основных специалистов ЛПФ, прежде всего для бригадира, начальника лесопожарной станции.
- 2. «Гибкие» нормы оснащения ЛПФ пожарной техникой, оборудованием и снаряжением. Установленные нормы должны допускать вариативность при выборе оснащения с учетом местных условий и финансовых возможностей в регионах. Например: допускать в определенных условиях замену пожарных машин на малые патрульные комплексы или гусеничные вездеходы; уменьшать или увеличивать количество отдельных видов оборудования в пределах общей расчетной стоимости соблюдения норм.

В основу предложенной концепции положены два базовых принципа:

1. В любой точке лесного фонда должна быть группа лесных пожарных готовая прибыть в установленное время к месту возникновения пожара и произвести его своевременное тушение.

2. Важно не количество техники и оборудования в лесопожарном формировании, а его соответствие поставленным задачам и локальным условиям.

Список литературы

- 1. Коршунов Н.А. Защитим людей защитим и лес / Н.А. Коршунов, В.А. Савченкова // Охрана труда и социальное страхование. -2017. -№ 4. -C. 55–56.
- 2. Рекомендации по определению приоритетной очередности тушения лесных пожаров при массовом их возникновении / А.П. Ковалев, А.П. Ковалев, М.А. Шешуков, В.В. Позднякова. Хабаровск: изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2015. С. 5–6.
- 3. Правила тушения лесных пожаров: приказ Минприроды России от 08.07.2014 г., № 313. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200020/ (дата обращения: 29.07.2017).
- 4. Воронов М.А. Диспетчерское управление в лесном хозяйстве / М.А. Воронов, Н.А. Коршунов. Пушкино: Издво «Канцлер». 2015. С. 60–61.
- 5. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования регулирования лесных отношений: Федеральный закон от 23.06.2016, № 218-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200020/ (дата обращения: 29.07.2017).

References

- 1. Korshunov N.A. Zashhitim ljudej zashhitim i les / N.A. Korshhunov, V.A. Savchenkova // Ohrana truda i socialnoe strahovanie. 2017. no. 4. pp. 55–56.
- 2. Rekomendacii po opredeleniju prioritetnoj ocherednosti tushenija lesnyh pozharov pri massovom ih vozniknovenii / A.P. Kovalev, A.P. Kovalev, M.A. Sheshukov, V.V. Pozdnjakova. Habarovsk: izd-vo FBU «DalNIILH», 2015. pp. 5–6.
- 3. Pravila tushenija lesnyh pozharov: prikaz Minprirody Rossii ot 08.07.2014 g., no. 313. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200020/ (data obrashhenija: 29.07.2017).
- 4. Voronov M.A. Dispetcherskoe upravlenie v lesnom hozjajstve / M.A. Voronov, N.A. Korshunov. Pushkino: Izd-vo «Kancler». 2015. pp. 60–61.
- 5. O vnesenii izmenenij v Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii i otdelnye zakonodatelnye akty Rossijskoj Federacii v chasti sovershenstvovanija regulirovanija lesnyh otnoshenij: Federalnyj zakon ot 23.06.2016, no. 218-FZ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200020/ (data obrashhenija: 29.07.2017).

УДК 911.375

ЭКОТУРИСТИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ ЦЕНТРА ГОРОДА НИЖНЕГО НОВГОРОДА – КАК ЭЛЕМЕНТ ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ ПАМЯТНИКОВ

¹Арефьева С.В., ¹Демидова Н.Н., ²Шеманаев В.А.

¹ГОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: demidovanngeo@yandex.ru;

²Арзамасский филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им Н.И. Лобачевского», Арзамас, e-mail: v.shemanaev@mail.ru

Процесс экологической гармонизации города предполагает все более широкое использование природных компонентов в качестве средств, компенсирующих антропогенное воздействие. Эффективным средством сохранения природных компонентов может стать их включение в систему туристических маршрутов наравне с культурными и историческими памятниками. Город Нижний Новгород, обладая интересным географическим расположением, а также высоким природным потенциалом, недостаточно использует данный ресурс для улучшения своего имиджа, увеличения туристических потоков и привлечения внимания местного населения к памятникам природы. В статье рассмотрены объекты природы, обладающие особенностями, которые позволили выбрать их в качестве связующих точек туристических маршрутов. Разработаны и визуально представлены экотуристические маршруты, которые будут способствовать расширению потенциала «зеленых» территорий, увеличению качества эстетического восприятия природных элементов, а также повышению здоровья населения, как эмоционального, так и физического.

Ключевые слова: город Нижний Новгород, экотуристические маршруты, природные памятники и объекты, охрана природных объектов

ECOTOURIST ROUTES OF THE CENTER OF THE CITY OF NIZHNY NOVGOROD – AS A ELEMENT OF PROTECTION OF NATURAL MONUMENTS

¹Arefeva S.V., ¹Demidova N.N., ²Shemanaev V.A.

¹Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: demidovanngeo@yandex.ru;

²Arzamas branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevskiy», Arzamas, e-mail: v.shemanaev@mail.ru

The process of ecological harmonization of the city assumes an increasing use of natural components as tools that compensate for anthropogenic impact. An effective means of preserving natural components can be their inclusion in the system of tourist routes along with cultural and historical monuments. The city of Nizhny Novgorod, possessing an interesting geographical location, as well as high natural potential, does not use this resource enough to improve its image, increase tourist flows and attract the attention of the local population to the monuments of nature. The article deals with objects of nature possessing features that allowed to choose them as connecting points of tourist routes. Ecotourism routes have been developed and visually presented, which will contribute to the expansion of the potential of «green» areas, to increase the quality of aesthetic perception of natural elements, as well as to improve the health of the population, both emotional and physical.

Keywords: Nizhny Novgorod city, ecotourism routes, natural monuments and objects, protection of natural objects

Одним из основных направлений развития системы природного комплекса Нижнего Новгорода является сохранение территориальной целостности и непрерывности территорий природного комплекса, включая особо охраняемые природные территории [1]. Эффективным средством обеспечения устойчивого развития территории города и сохранения природных компонентов как неотъемлемой единицы, обеспечивающей устойчивость, может стать создание городских экологических маршрутов, позволяющих расширить потенциал «зеленых» территорий, увеличить качество эстетического восприятия природных эле-

ментов, повысить здоровье населения как эмоциональное, так и физическое, а также сохранить эти объекты.

Согласно исследованию П. Велева, в городских центрах около 90% всех передвижений совершаются пешком [2, с. 56]. Все европейские столичные города имеют развитую систему пешеходных маршрутов в центральной части. Это обусловлено тем, что улично-дорожная сеть в них в основном имеет средневековую структуру, но приспособленную к реалиям современной жизни. В связи с этим становится очевидным, что, как и сохранение памятников, развитие системы туристических пешеходных марш-

рутов является необходимым условием полноценного использования потенциала городского центра [3].

По мнению И.А. Добрицыной, пешеходный туристический маршрут, организованный для путешествующих лиц с целью отдыха и самообразования, является неотъемлемой составной частью городской среды с ограниченным транспортным движением, многофункциональным зонированием и единой стилистикой оформления, обладает довольно тесной взаимосвязью между искусственными и природными элементами [4, с. 79].

Вместе с тем в большинстве крупных городов России, при проектировании пешеходных туристических маршрутов, природный потенциал города привлекается слабо. В основном акценты ставятся на исторические объекты, составляющие культурное наследие города [5].

Отмеченная ситуация сложилась и в г. Нижнем Новгороде - городе, где смешались века, культуры и технологии в гармоничной канве городского пейзажа. Красоту нижегородских просторов воспевали писатели, поэты, художники. Примером могут служить замечательные слова И. Репина: «Этот царственно поставленный над всем востоком России город совсем закружил наши головы. Как упоительны его необозримые дали! Мы захлебывались от восхищения ими, и перед нашими глазами вставала живая история Руси, люди которой, эти сильные люди хорошей природы, так умели ценить жизнь, ее теплоту и художественность. Эти не любили селиться гденибудь и как-нибудь...»

Считаем, при разработке туристического бренда Нижнего Новгорода необходимо обратить внимание на его уникальные городские ландшафты и природные памятники. Именно они должны выступать в качестве средства совершенствования урбанизированных территорий, с одной стороны, а, с другой, их использование в качестве экскурсионных объектов позволит привлечь внимание к их сохранению [6].

В этой связи была поставлена цель, связанная с разработкой экологических маршрутов в центре г. Нижнего Новгорода.

Теоретические методы исследования позволили собрать и систематизировать нормативные документы и научную литературу по проблеме исследования, картографический метод — построить маршруты с выделение природных элементов.

При проектировании экологических маршрутов были разработаны и учитывались следующие особенности природных объектов:

- 1. Уникальность или типичность объекта. Как правило, привлекают туристов уникальные природные объекты, которые можно встретить только на данной территории. Вместе с тем типичные для данной территории, хорошо сохраненные объекты могут дать полное представление о местности, где проложен экскурсионный маршрут.
- 2. Правовой статус объекта. Объекты могут иметь федеральный, региональный или местный статус. Относятся к следующим видам охраняемых объектов: «памятник природы», «охраняемая водная экосистема», «охраняемый природно-исторический ландшафт» и т.д.
- 3. Профиль объекта. Отражает генезис объекта: ботанический (роща, редкое или «краснокнижное» растение), ландшафтный природно-исторический (парк, аллея, усадьба, историческое дерево), гидрологический (родник, старица, участок реки, пруд, озеро), геологический (пещера, карстовая воронка, обнажение древних слоев, террасы реки), зоологический (место обитания редких видов птиц и зверей).
- 4. Кластерность объекта. Определяет целостность объекта. Природные объекты могут быть представлены единым сплошным ареалом или разделены на отдельные участки. Описание кластерности важно для выделения границ объекта с учетом его осмотра для туристов.
- 5. Доступность объекта. Все объекты должны быть доступны для обозрения.
- 6. Пейзажная выразительность. Это элемент эстетики объекта, отражающий его «вписанность» в пейзажный городской сюжет. Отметим, что с разных видовых точек объект будет выглядеть по-разному, поэтому при разработке экологических маршрутов необходимо учитывать особенности его пейзажного фона и композиционных узлов.

Кроме того, необходимым условием функционирования экологического маршрута является доступность информации об природных объектах города, находящихся в поле зрения жителей и гостей города, создание непрерывной линии маршрута по природным объектам и памятникам природы [6].

Всем перечисленным требованиям соответствуют выбранные объекты центра г. Нижнего Новгорода (таблица).

2011110	Oa		arman		А по		
Ооъекты экотуристических маршрутов центра г. нижнего нов							

Название	Особенности объектов	Адрес
Губернаторский сад (Кремль)	Типичный, ландшафтный природно-исторический, сплошной ареал, общественный	Кремль
Парк им. Свердлова	Древнейший парк, ландшафтный природно-исторический, сплошной ареал, общественный	ул. Пискунова, 40
Черный пруд	Типичный, ландшафтный природно-исторический, сплошной ареал, общественный	Ошарская, 1
Александровский сад	Первый в истории города классический общественный парк, «парадное лицо» города, с типичным для города ландшафтом и отражением исторических традиций озеленения	Верхневолжская набережная
Набережная Федоровского	Лучшая смотровая площадка города. Виды на Оку и Волгу, Дятловы горы, исторические объекты	Набережная Федоровского
Старое дерево дуба	Уникальный, остаток дубрав побережья Оки и Волги, памятник природы регионального значения	ул. Студеной, 10а
Старое дерево дуба около музея «Домик Каширина»	Уникальный, памятник природы регионального значения	г. Нижний Новгород, ул. Почтовый съезд 21
Сквер на площади Горького	Единая композиция с памятником М. Горького, вокруг памятника высажены более 50 видов экзотических растений из Америки, Средиземноморья и Юго-Восточной Азии – это самое старое многопородное насаждение города	пл. Горького

Губернаторский сад. Сад находится в северо-восточной части Нижегородского кремля и должен был стать классическим образцом российского пейзажного стиля. Распоряжения о постройке нового военногубернаторского дома в кремле и разбивке сада на прилегающей к нему местности были сделаны императором Николаем І при посещении им города в 1834—1836 гг. Фактически к концу XIX века был освоен и благоустроен только верхний участок сада, который сохранился до наших дней.

Парк им. Свердлова. Парк включает большую часть архиерейского сада, древнейшего в г. Нижнем Новгороде. Архиерейский сад был обустроен в 1706 г. при основании Нижегородским митрополитом Исаией своего домового Иоанновского монастыря. Несмотря на городское окружение, сад развивался достаточно изолированно и до 19 века не претерпевал особых изменений. В дальнейшем территория сада была расширена, обустроена и представляет интерес как памятник ландшафтного искусства.

Черный пруд. Территория представляет собой небольшую площадь со сквером на пересечении улиц Ошарской и Пискунова. В настоящее время от пруда сохранилось лишь название, но это не уменьшает популярности данного места у нижегородцев и гостей города. Сам Черный пруд появился еще до 1621 г., тогда он назывался Черным или Поганым и служил местом стока поверхностных вод со всей прилегающей

к нему водосборной территории. В дальнейшем он был очищен и до начала 20 века был излюбленным местом отдыха горожан. Зимой он превращался в городской каток, а летом по водной глади скользили лодочки отдыхающих.

Александровский сад. Является первым в истории Нижнего Новгорода классическим общественным парком. Парк создавался по приказу императора Николая І в 30-х годах XIX в. и получил название Александровский в честь жены императора Александры. Территория парка расположена на склонах Волги, в границах Верхне-Волжской и Нижне-Волжской набережных, стен Нижегородского кремля. Площадь сада в нынешних границах составляет около 35 га. В парке как в зеркале отразились исторические традиции озеленения общественных территорий различных временных срезов. В 90-е годы XX в. парк был запущен, работы по уходу прекратились, многие видовые точки оказались закрыты разросшимися деревьями, дерновый покров местами выпал, дренажные и ливневые системы частично разрушились, на склонах началась эрозия. Тем не менее Александровский сад остается одной из самых ярких жемчужин садово-паркового искусства Н. Новгорода.

Набережная Федоровского. Набережная проходит вдоль Откоса в Нижегородском районе, между незастроенными областями Дятловых гор и Кремлем. Набережная считалась местом проживания

самой состоятельной части нижегородского купечества и «торговых людей», имевших деловой постоянный интерес в городе. Благоустроенной набережной здесь не было до памятного посещения Николаем I Нижнего Новгорода в 1834 г. Сама набережная получила имя доктора геолого-минералогических наук Николая Михайловича Федоровского. В 2008 г. завершилась глобальная реконструкция набережной, в ходе которой были созданы живописные террасы с лестницами, скамейками и яркой ночной иллюминацией. Сейчас можно наблюдать новый образ набережной, который придаёт городу невероятный вид с реки. Набережная Федоровского в Нижнем Новгороде отличное место для прогулок, лучший вид на Стрелку. Отсюда открывается роскошная панорама: одна река – Ока впадает в еще более полноводную - Волгу. Вечером отсюда можно увидеть красивейшие закаты, когда солнце садится в Заречную часть города, а уже ночью открываются отличные виды на Нижний Новгород в огнях.

Старое дерево дуба. Дуб-патриарх привлекает внимание всем своим обликом и особенно внушительными размерами, является памятником природы [7]. Высота дуба около 20 метров. Окружность ствола — до 4 метров, диаметр — около 2 метров, а ширина кроны достигает 25—30 метров. Возраст дуба около 300 лет. По всей вероятности, этот дуб является остатком тех дубрав, которые в прошлом росли по берегам Оки и Волги и были сведены при стро-

ительстве города. Владелец дома-особняка по улице Студеной сберег это дерево, и оно продолжает жить и в наше время.

Старое дерево дуба около музея «Домик Каширина». Это величавый, сказочного облика дуб признан памятником природы регионального значения [7]. Его мощный прямой ствол на высоте груди достигает диаметра 1,3 м, окружности — 3,1 м, а окружность у основания ствола равна 4 м. В верхней части ствол ветвится на 6 толстых скелетных ветвей, которые держат на себе густолиственную широко раскидистую крону до 30 м в диаметре.

Сквер на площади Горького. Площадь Горького - одна из трех центральных площадей Нижнего Новгорода, образующих треугольник. В начале XIX века на месте современной площади Горького был овраг и болотина, и лишь после визита в Нижний Новгород императора Николая І был утвержден план реконструкции города. Контуры площади для будущей застройки были намечены в 1842 г. архитектором Г. Кизеветтером. После Великой Отечественной войны площадь Горького подверглась реконструкции, на ней был организован сквер. В 30-е годы XX века было решено украсить площадь памятником земляку М. Горькому. В настоящее время в сквере вокруг памятника высажены более 50 видов экзотических растений из Америки, Средиземноморья и Юго-Восточной Азии - это самое старое многопородное насаждение города [8].

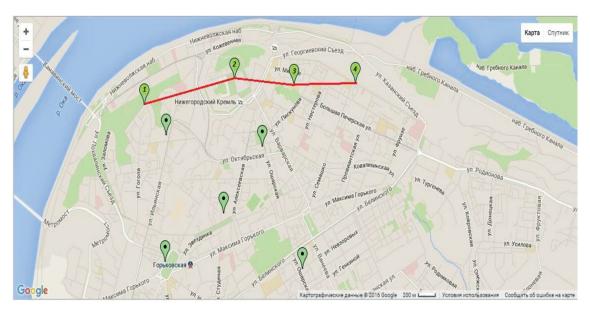


Рис. 1. Маршрут № 1 «Панорамы прекрасного города» (1. Набережная Федоровского, 2. Губернаторский сад в Кремле, 3. Парк им. Свердлова, 4. Александровский сад)

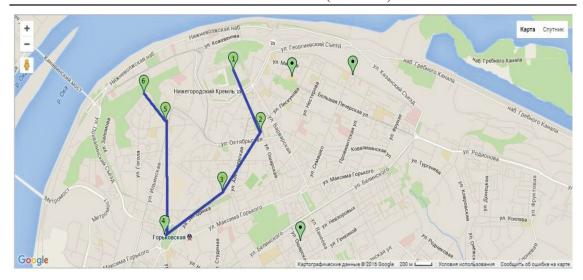


Рис. 2. Маршрут № 2 «Природно-культурные тропы Нижнего Новгорода» (1. Губернаторский сад, 2. Черный пруд, 3. Старое дерево дуба, 4. Сквер на площади Горького, 5. Старое дерево дуба у музея «Домик Каширина», 6. Набережная Федоровского)

Удобное территориальное расположение объектов природы позволило разработать два экотуристических маршрута: «Панорамы прекрасного города» и «Природно-культурные тропы Нижнего Новгорода».

При проектировании первого маршрута: «Панорамы прекрасного города» (рис. 1) были выбраны такие места, как набережная Федоровского и Александровский сад. Именно с этих точек открывается прекрасный вид на панорамы Большого города, а также на Стрелку — место слияния рек Волги и Оки. Кроме того, были включены природные объекты, оборудованные тропиночной сетью, скамейками, объектами ландшафтного дизайна, а также небольшими детскими площадками.

Второй маршрут: «Природно-культурные тропы Нижнего Новгорода» (рис. 2). Проект маршрута проходит в центре города, который насыщен достопримечательностями и наиболее интересен в культурном и туристическом отношении. В некоторых значимых местах туристу или горожанину предлагается свернуть на боковые улицы и углубиться в старинные кварталы Нижнего Новгорода с замечательными примерами сохранения памятников природы с богатой и интересной историей, такие как старые деревья дуба — памятники природы около музея «Домик Каширина» и на ул. Студеной.

Считаем, что информационную доступность экологических маршрутов возможно повысить за счет средств, используемых в туристических проектах в других российских и зарубежных городах, по типу «Зеленой линии» в г. Иркутске, что особенно актуально в преддверии Чемпионата мира по футболу в 2018 г.

Список литературы

- 1. Постановление от 17.03,2010 № 22 «О генеральном плане города Нижнего Новгорода». URL: http://docs.cntd. ru/document/944945375.
- 2. Велев П.С. Пешеходные пространства городских центров / Пер. с болгарского Кривошеев Д.П., под редакцией В.В. Владимирова. М.: Стройиздат, 1983.
- 3. Дьяченко Е.В. Архитектурно-ландшафтная организация туристических маршрутов: на примере города Москвы: автореферат дис. ... канд. архитектуры: (05.23.22) / Дьяченко Евгения Викторовна; Моск. архитектур. ин-т. М., 2010. 23 с.
- 4. Добрицына И.А. Дизайн в обеспечении ориентации в среде современного города: дис. ... канд. искусствоведения. M_{\odot} 1985. 210 с.
- 5. Демидова Н.Н., Камерилова Г.С., Матвеева А.В. Система формирования экологической компетентности на основе изучения живой природы урбанизированной среды мегаполиса: теоретико-методологические основы и методическая модель// Вестник Мининского университета. 2014. № 2: http://www.mininuniver.ru/ scientific/scientific_activities/vestnik/archive/no6 (дата обращения 10.06.1017).
- 6. Арефьева С.В. Проектирование системы ориентирования по природным объектам города Нижнего Новгорода / С.В. Шумкова // Актуальные вопросы и инновации в биологии, экологии, химии, аграрных науках и естественнонаучном образовании: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород: Мининский университет, 2016. С. 80–82.
- 7. Об объявлении природных объектов государственными памятниками природы (регионального) областного значения и об утверждении паспортов на государственные памятники природы (регионального) областного значения г. Нижнего Новгорода (с изменениями на 5 февраля 2009 года): Распоряжение правительства Нижегородской области от 29 декабря 2001 года № 166-р: сайт. URL: http://docs.cntd.ru/document/944914120 (дата обращения 15.06.2017).
- 8. Нижний Новгород: историко-культурный портрет. Н. Новгород: Кварц, 2013. – С. 221.

References

- 1. Postanovlenie ot 17.03.2010 no. 22 «O generalnom plane goroda Nizhnego Novgoroda». URL: http://docs.cntd.ru/document/944945375.
- 2. Velev P.S. Peshehodnye prostranstva gorodskih centrov / Per. s bolgarskogo Krivosheev D.P., pod redakciej V.V. Vladimirova. M.: Strojizdat, 1983.
- 3. Djachenko E.V. Arhitekturno-landshaftnaja organizacija turisticheskih marshrutov: na primere goroda Moskvy: avtoreferat dis. ... kand. arhitektury: (05.23.22) / Djachenko Evgenija Viktorovna; Mosk. arhitektur. in-t. M., 2010. 23 p.
- 4. Dobricyna I.A. Dizajn v obespechenii orientacii v srede sovremennogo goroda: dis. ... kand. iskusstvovedenija. M., 1985. 210 p.
- 5. Demidova N.N., Kamerilova G.S., Matveeva A.V. Sistema formirovanija jekologicheskoj kompetentnosti na osnove izuchenija zhivoj prirody urbanizirovannoj sredy megapolisa: teoretiko-metodologicheskie osnovy i metodicheskaja model//

- Vestnik Mininskogo universiteta. 2014. no. 2: http://www.mininuniver.ru/ scientific/scientific_ activities/vestnik/archive/no6 (data obrashhenija 10.06.1017).
- 6. Arefeva S.V. Proektirovanie sistemy orientirovanija po prirodnym obektam goroda Nizhnego Novgoroda / S.V. Shumkova // Aktualnye voprosy i innovacii v biologii, jekologii, himii, agrarnyh naukah i estestvennonauchnom obrazovanii: Materialy I Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Nizhnij Novgorod: Mininskij universitet, 2016. pp. 80–82.
- 7. Ob objavlenii prirodnyh ob#ektov gosudarstvennymi pamjatnikami prirody (regionalnogo) oblastnogo znachenija i ob utverzhdenii pasportov na gosudarstvennye pamjatniki prirody (regionalnogo) oblastnogo znachenija g. Nizhnego Novgoroda (s izmenenijami na 5 fevralja 2009 goda): Rasporjazhenie pravitelstva Nizhegorodskoj oblasti ot 29 dekabrja 2001 goda no. 166-r: sajt. URL: http://docs.cntd.ru/document/944914120 (data obrashhenija 15.06.2017).
- 8. Nizhnij Novgorod: istoriko-kulturnyj portret. N. Novgorod: Kvarc, 2013. pp. 221.

УДК 911.52

ЛАНДШАФТНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИИКСТОВСКОГО РАЙОНА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Асташин А.Е., Самойлов А.В., Пашкин М.В., Борисов Е.И., Ершова К.В., Никитина О.А.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: guardangel93@hotmail.com

В статье приведены результаты ландшафтного районирования территории Кстовского района Нижегородской области – района-спутника Нижнего Новгорода, одного из наиболее густонаселённых, староосвоенных районов Нижегородской области с мощной промышленностью, активно работающим сельским хозяйством, интенсивной транспортной загруженностью и одним из крупнейших в области рекреационным районом. Территория района уже сейчас вовлечена в интенсивное хозяйственное использование, является приоритетной для дальнейшего развития хозяйства, уступая лишь г. Нижнему Новгороду. Столь интенсивное хозяйственное освоение требует комплексного учёта природных особенностей, однако для территории Кстовского района до настоящего времени не было создано ландшафтной карты на уровне ландшафтов. Эта цель была реализована авторами в результате многолетних исследований на территории района, их результаты представлены в настоящей статье.

Ключевые слова: ландшафт, районирование, ГИС, Нижегородская область, Кстовский район

LANDSCAPE DIFFERENTIATION OF THE TERRITORY OF THE KSTOVO DISTRICT OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Astashin A.E., Samoylov A.V., Pashkin M.V., Borisov E.I., Ershova K.V., Nikitina O.A. Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: guardangel93@hotmail.com

Results of landscape division into districts of the territory of the Kstovo district of the Nizhny Novgorod Region—the district satellite of Nizhny Novgorod, one of the most densely populated, old developed areas of the Nizhny Novgorod Region with the powerful industry, actively working agriculture, intensive transport load and with one of the largest in the region recreational area are given in article. The territory of the area is involved in intensive economic use already now, is priority for further development of economy, ceding only Nizhny Novgorod. So intensive economic development demands the complex accounting of natural features, however for the territory of the Kstovo district the landscape map at the level of landscapes hasn't been created so far. This purpose has been realized by authors as a result of long-term researches in the territory of the area, their results are presented in the article.

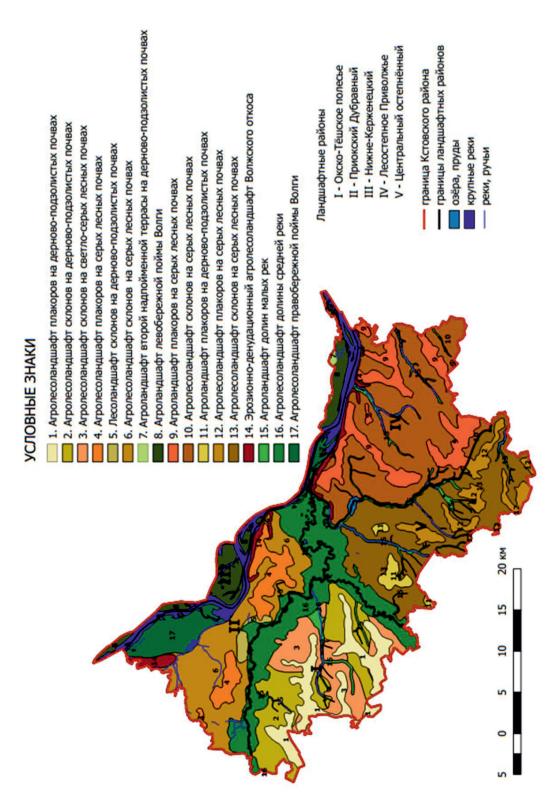
Keywords: landscape, division into districts, GIS, Nizhny Novgorod Region, Kstovo district

Ландшафтные исследования — непременный элемент изыскательских работ на этапе создания крупных промышленных, транспортных или сельскохозяйственных объектов. Кстовский район, располагающийся в непосредственной близости к Нижнему Новгороду и являющийся плотно заселённым и интенсивно освоенным районом, однако, до настоящего времени не имел схемы ландшафтного районирования, выполненной на уровне ландшафтов.

Для территории Нижегородской области в 2003 г. Ф.М. Баканиной с соавторами была предложена схема ландшафтного районирования, выполненная на уровне ландшафтных районов [1, с. 289]. Частично территория Кстовского района была картографирована в ходе ландшафтного районирования бассейна р. Кудьма [2, с. 123–125]. Кроме того, ландшафтные выделы, расположенные на территории прилегающих муниципальных районов, имеющие продолжение в пределах Кстовского района, также были выделены ранее [3, с. 17–22]. Предварительные результаты ландшафтного районирования Кстов-

ского района были использованы в ходе проведения ландшафтно-рекреационного анализа Кстовского района.

В статье приведены результаты исследований, проводившихся в период 2011–2016 гг. На территории Кстовского района авторами на основе структурно-генетической классификации было выделено 17 ландшафтов (таблица, картосхема), расположенных в пределах 5 ландшафтных районов (согласно схеме Ф.М. Баканиной) [1, с. 289]. Степень антропогенного преобразования ландшафтов нами оценивалась по критерию лесистости, что было отражено в названиях выделенных ландшафтов: в соответствии со взглядами Ф.Н. Милькова [4, с. 27], выделены лесохозяйственные ландшафты (лесистость территории более 50%), агролесоландшафты (лесистость 25-50%) и агроландшафты (лесистость менее 25%). Из 17 выделенных ландшафтов 13 (1-13 в таблице) расположены внутри ландшафтных районов, ещё 4 (14–17 в таблице) являются интразональными и представлены в нескольких ландшафтных районах сразу.



Ландшафтная структура территории Кстовского района

Исследования ландшафтной структуры Кстовского района основаны на результатах анализа тематических карт [5–8], статистических данных, специальной литературы, данных дистанционного зондирования Земли и полевых исследований (2011–2016 гг.), в ходе которых были заложены 43 ключевые точки. Картографирование и математическая обработка пространственных данных были выполнены с помощью ГИС Quantum GIS.

Кстовский район расположен в центральной части Нижегородской области, на западе граничит с Нижним Новгородом. Большая часть района — 1145 км² — расположена на правом берегу р. Волги, заволжская часть района имеет площадь 81 км².

В Кстовском районе к урезу Волги подходит кровля верхнеуржумских отложений. Разрез представлен увеличивающейся к востоку толщей отложений северодвинского и вятского ярусов татарского подотдела верхней перми – пёстрыми красноцветными и зеленовато-серыми тельняшками литологически разнообразных континентальных терригенных и терригенно-карбонатных горных пород: разноцветных в различной степени уплотнённых конгломератов, песчаников,

алевролитов, глин, мергелей, известняков, доломитов, других пород и их несцементированных аналогов [9, с. 29–33].

Четвертичные отложения на большей части района представлены делювиальными и солифлюкционными суглинками плейстоцен-неоплейстоцена; на плакорах – делювиальными и солифлюкционными суглинками и песками плейстоценнеоплейстоцена и голоцена. Долины рр. Кудьма и Озёрка и заволжская часть района выполнены аллювиальными отложениями ІІ и І надпойменных террас плейстоцен-неоплейстоцена (пески в основании с гравием, суглинки, глины), а также пойменных террас голоцена (пески в основании с гравием, суглинки, глины, торф) [5, 6].

Рельеф Кстовского района отличается интенсивной изрезанностью, амплитуда высот составляет 151 м — от 214,0 м на юге района до 63,0 м (урез воды р. Волги) на севере района. Плакоры и днища долин рр. Кудьма и Озёрка отличаются субгоризонтальными поверхностями с уклоном менее 1°. пойма Волги в пределах района двусторонняя, в заволжской части фрагментарно представлена вторая надпойменная терраса долины Волги.

Ландшафтная структура территории Кстовского района (указаны площадь в км² и лесистость в%)

Зона											
	Лесная	Лесостепная									
Подзона											
Смешан и широколиство		Подтаёжная	Лесос	тепная							
		Провинция									
Окско-До	энская	Унженско-Ветлужская	Приво	лжская							
		Район									
I. Окско-Тёшское полесье 276,4 км ² 31%	II. Приокский дубравный 276,0 км ² 36%	III. Нижне-Керженецкий 81,3 км ² 25%	IV. Лесостепное Приволжье 322,3 км ² 29%	V. Центральный остепнённый 273,2 км ² 35%							
		Ландшафты									
шафт плакоров на	ландшафт пла- коров на серых лесных почвах 40,3 км ² 40%	7. Агроландшафт второй надпойменной террасы на дерново-подзолистых почвах 2,3 км ² 23%	плакоров на серых лесных почвах 76,9 км ² 19%	плакоров на дерново- подзолистых почвах 11,4 км ² 16%							
2. Агролесоланд- шафт склонов на дерново-подзоли- стых почвах 80,4 км ² 26,3%	шафт склонов на дерново-под-	1_ *	шафт склонов на	шафт плакоров на серых лесных по- чвах							

Климат имеет следующие характеристики: средняя температура июля +19,1 °C, января -10,3 °C. Среднее годовое количество осадков 640 мм [2, с. 123].

Крупнейшей рекой района является р. Волга, делящая район на две неравные части – большую, возвышенную, на относительно плодородных, преимущественно серых лесных почвах, плотно заселённую и интенсивно освоенную правобережную часть, и гораздо меньшую (менее 7% от площади района) заволжскую часть, с низменным сравнительно плоским рельефом поймы и второй надпойменной террасы на дерново-подзолистых и аллювиально-дерновых почвах. В левобережной части района расположен один населённый пункт с населением 9 чел. (менее 0,01% от общей численности населения района).

Второй после Волги рекой является её правый приток р. Кудьма, бассейн которой занимает 57% площади района.

В структуре почвенного покрова преобладают серые и светло-серые лесные почвы легко- и среднесуглинистого механического состава (745 км²), на юго-западе и в заволжской части района представлены дерновоподзолистые слабооподзоленные почвы (160 км²) на поймах рек – аллювиально-дерновые почвы (286,3 км²) [8].

Общая лесистость района составляет 32%, однако распределение лесов отличается неравномерностью, наиболее крупные массивы лесов приурочены, как правило, к плакорам.

Территория Кстовского района отличается ландшафтным разнообразием, она расположена на стыке лесной и лесостепной зон, здесь сходятся границы сразу пяти ландшафтных районов. В то же время различия в рельефе, литологическом составе и гидрографической сети внутри ландшафтных районов сравнительно невелики, поэтому в данной работе мы ограничиваемся описанием ландшафтных районов; некоторые количественные характеристики ландшафтов приводим в таблице. Качественные характеристики отражены в названиях ландшафтов. Пространственные данные ландшафтов отражены в картосхеме.

Ландшафтный район Окско-Тёшское полесье представляет пологоволнистую равнину, сложенную водно-ледниковыми песками, суглинками и супесями. Рельеф сильно изрезан, имеет большие перепады высот. Северная и восточная окраины ландшафтного района оконтурены долиной р. Кудьма с выровненным рельефом и мно-

жеством пойменных озёр. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми и светло-серыми лесными почвами. В растительном покрове доминируют хвойношироколиственные леса, сменяющиеся растительными сообществами болот и пойм в долине р. Кудьма. Сухие участки, удобные для сельскохозяйственной деятельности, преобразованы коренным образом.

Приокский дубравный район. Морфолитогенная основа: возвышенная сильно пересечённая равнина, сложенная лёссовидными крупнопылеватыми и пылеватыми суглинками водно-ледникового и делювиального происхождения. Развиты оползневые процессы. Много небольших прудов в оврагах. Почвы серые лесные средне- и легкосуглинистого механического состава. Очень высоки показатели эродированности почв: местами более 40% площади пашни. Большая часть района преобразована коренным образом. Лишь частично сохранились участки хвойно-широколиственных лесов.

Нижене-Керженецкий район занимает заволжскую часть Кстовского района. Расположен на зандрово-аллювиальной равнине. Перепады высот в пределах Кстовского района составляют 41 м. Рек нет. Пойма Волги изобилует старичными озёрами, протоками, полуостровами и островами. Почвенный покров представлен дерновоподзолистыми почвами в пределах второй надпойменной террасы, на пойме р. Волга — аллювиально-дерновыми разного механического состава. На второй надпойменной террасе сосновые леса, на пойме сменяющиеся ивняками, ольшаниками, луговыми и болотными сообществами.

Лесостепное Приволэсье занимает возвышенную равнину, сложенную водно-ледниковыми и делювиальными лёссовидными крупнопылеватыми и пылеватыми суглинками. Очень высоки показатели густоты овражно-балочной сети — до 2 км/км². Склоны речных долин круты, осложнены оползнями и мощными оврагами. Болот и крупных озёр нет. Почвы серые лесные средне- и легкосуглинистого механического состава. Высокий уровень эродированности почв — 10—30% площади пашни. В древостое — дисперсно распределённые фрагменты широколиственных лесов. Большая часть территории занята сельхозугодьями.

Центральный остепнённый район занимает возвышенную равнину, перекрытую водно-ледниковыми и делювиальными лёссовидными пылевато-иловатыми суглинка-

ми и глинами. Склоны речных долин осложнены оползнями и оврагами. Почвы серые лесные средне- и легкосуглинистого механического состава. Растительный покров представлен широколиственными лесами, встречающимися в виде мелких дисперсно распределённых массивов. Вдоль русел рек тянутся растительные сообщества пойм. Большая часть территории преобразована коренным образом, занята сельскохозяйственными угодьями [2, с. 180].

Список литературы

- 1. Баканина Ф.М. Ландшафтное районирование Нижегородской области как основа рационального природопользования / Ф.М. Баканина, А.В. Пожаров, А.А. Юртаев // Великие реки 2003: генеральные доклады, тезисы докладов Международного конгресса. − Н. Новгород: ЮНЕСКО, 2003. − С. 288−290.
- 2. Асташин А.Е. Ландшафтная дифференциация территории бассейна реки Кудьма Нижегородской области / А.Е. Асташин, А.В. Самойлов, М.М. Бадьин и др. // Международный научно-исследовательский журнал. -2015. -№ 10. Ч. 3. -C. 121-126.
- 3. Асташин А.Е. Ландшафтно-рекреационный анализ территории Кстовского района Нижегородской области / А.Е. Асташин, О.А. Никитина // Актуальные вопросы этнографии и этногеографии: сборник статей по материалам Всероссийской студенческой научно-практической конференции, (24–25 марта 2016 г.) / Сост.: Т.К. Беляева, Р.А. Саберов. Нижний Новгород: Мининский университет, 2016. С. 90–94.
- 4. Мильков Ф.Н. Сельскохозяйственные ландшафты, их специализация и классификация / Ф.Н. Мильков // Вопросы географии. 1984. Сб. 124 С. 24–34.
- 5. Карта четвертичных отложений: N-38-III, N-38-IV, N-38-XXXIV Геологическая карта четвертичных отложений, масштаб: 1:200000, составлена: МинГео РСФСР, Средне-Волжская комплексная геологоразведочная экспедиция, 1980 г., автор: Фридман Б.И., редактор: Уланов Е.И. [Электронный ресурс]. URL: http://www.geokniga.org (дата обращения: 09.07.2017).
- 6. Карта четвертичных отложений: О-38-XXXIII Геологическая карта четвертичных отложений, масштаб: 1:200000, составлена: Средне-Волжская геологоразведочная экспедиция, 1982 г., автор: Фридман Б.И., редактор: Уланов Е.И. [Электронный ресурс]. URL: http://www.geokniga.org (дата обращения: 06.07.2017).
- 7. Карты всего мира: топографические карты [Электронный ресурс]. URL: http://loadmap.net/ru (дата обращения: 04.07.2017).

- 8. Почвенная карта Горьковской области / С.А. Горшунов, В.М. Горячев, В.А. Михеев и др. / под ред. А.С. Фатьянова. Горький, 1958.
- 9. Фридман Б.И. О геологической значимости открытого юными геологами нижегородского геологического центра «Самоцветы» уникального тектонически нарушенного обнажения у села Безводное Кстовского района / Б.И. Фридман, А.Е. Асташин, Н.В. Манаева // Вестник Мининского университета. 2014. № 2. С. 21—36.

References

- 1. Bakanina F.M. Landshaftnoe rajonirovanie Nizhegorodskoj oblasti kak osnova racionalnogo prirodopolzovanija / F.M. Bakanina, A.V. Pozharov, A.A. Jurtaev // Velikie reki 2003: generalnye doklady, tezisy dokladov Mezhdunarodnogo kongressa. N. Novgorod: JuNESKO, 2003. pp. 288–290.
- 2. Astashin A.E. Landshaftnaja differenciacija territorii bassejna reki Kudma Nizhegorodskoj oblasti / A.E. Astashin, A.V. Samojlov, M.M. Badin i dr. // Mezhdunarodnyj nauchnoissledovatelskij zhurnal. 2015. no. 10. Ch. 3. pp. 121–126.
- 3. Astashin A.E. Landshaftno-rekreacionnyj analiz territorii Kstovskogo rajona Nizhegorodskoj oblasti / A.E. Astashin, O.A. Nikitina // Aktualnye voprosy jetnografii i jetnogeografii sbornik statej po materialam Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, (24–25 marta 2016 g.) / Sost.: T.K. Beljaeva, R.A. Saberov. Nizhnij Novgorod: Mininskij universitet, 2016. pp. 90–94.
- 4. Milkov F.N. Selskohozjajstvennye landshafty, ih specializacija i klassifikacija / F.N. Milkov // Voprosy geografii. 1984. Sb. 124 pp. 24–34.
- 5. Karta chetvertichnyh otlozhenij: N-38-III, N-38-IV, N-38-XXXIV Geologicheskaja karta chetvertichnyh otlozhenij, masshtab: 1:200000, sostavlena: MinGeo RSFSR, Sredne-Volzhskaja kompleksnaja geologorazvedochnaja jekspedicija, 1980 g., avtor: Fridman B.I., redaktor: Ulanov E.I. [Jelektronnyj resurs]. URL: http://www.geokniga.org (data obrashhenija: 09.07.2017).
- 6. Karta chetvertichnyh otlozhenij: O-38-HHHIII Geologicheskaja karta chetvertichnyh otlozhenij, masshtab: 1:200000, sostavlena: Sredne-Volzhskaja geologorazvedochnaja jekspedicija, 1982 g., avtor: Fridman B.I., redaktor: Ulanov E.I. [Jelektronnyj resurs]. URL: http://www.geokniga.org (data obrashhenija: 06.07.2017).
- 7. Karty vsego mira: topograficheskie karty [Jelektronnyj resurs]. URL: http://loadmap.net/ru (data obrashhenija: 04.07.2017).
- 8. Pochvennaja karta Gorkovskoj oblasti / S.A. Gorshunov, V.M. Gorjachev, V.A. Miheev i dr. / pod red. A.S. Fatjanova. Gorkij, 1958.
- 9. Fridman B.I. O geologicheskoj znachimosti otkrytogo junymi geologami nizhegorodskogo geologicheskogo centra «Samocvety» unikalnogo tektonicheski narushennogo obnazhenija u sela Bezvodnoe Kstovskogo rajona / B.I. Fridman, A.E. Astashin, N.V. Manaeva // Vestnik Mininskogo universiteta. 2014. no. 2. pp. 21–36.

УДК 556.51/.54:504.062

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОЗАБОРА В СТВОРЕ РЕКИ БЕЛОЙ В РАЙОНЕ Г. СТЕРЛИТАМАКА

¹Быковский Н.А., ¹Фанакова Н.Н., ¹Женин М.В., ²Фанаков В.С.

¹ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», филиал, Стерлитамак, e-mail: nbikovsky@list.ru;

²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа

В связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на водные ресурсы сведения о качестве воды в водоисточниках имеют большое значение. Это необходимо и для водоканала, и для предприятий, использующих обессоленную воду. Нами изучено наличие примесей в воде реки в области г. Стерлитамака. Мониторинг был проведен методом анализа временных рядов по 11 показателям качества воды. Рассчитаны сезонные и случайные составляющие содержания в воде различных веществ. Показано, что для некоторых веществ их содержание в воде имеет сезонную зависимость, обусловленную временем года. Это указывает на их природное происхождение. Поступление в реку веществ, для которых отсутствует сезонная зависимость, связано с антропогенной деятельностью человека. Результаты, полученные при исследовании концентрации примесей в воде р. Белой в створе г. Стерлитамака, могут быть основой для повышения эффективности водополтотовки.

Ключевые слова: вода, временные ряды, автокорреляционная функция, сезонные зависимости

ECOLOGICAL MONITORING OF WATER WITHDRAWAL FROM THE BELAYA RIVER NEAR STERLITAMAK

¹Bykovskiy N.A., ¹Fanakova N.N., ¹Zhenin M.V., ²Fanakov V.S.

¹Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education «Ufa State Petroleum Technological University», Branch, Sterlitamak, e-mail: nbikovsky@list.ru; ²Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa

Due to increasing anthropogenic impact on water resources, information about the quality of water in water sources is of great importance. This is necessary for both water service company and for enterprises utilizing desalinated water. We have studied water condition of the source water in the Belaya River cross-section near the city of Sterlitamak. The monitoring was carried out by the method of time series analysis for 11 water quality parameters. Seasonal and random components of water content for various substances were calculated. It has been shown that for some substances their content in water has a seasonal dependence due to a season of the year. This shows their natural origin. The ingress of substances into the river for which there is no seasonal dependence is associated with human's anthropogenic activity. The results obtained in the study of water quality parameters of the Belaya River in the cross section near city of Sterlitamak can be the basis for increasing the efficiency of water treatment.

Keywords: water, time series, autocorrelation function, seasonal dependences

Одним из важнейших природных ресурсов, используемых в хозяйственной деятельности человека, является вода [1–3]. По объему ежегодного потребления она значительно превосходит все другие вместе взятые добываемые ресурсы.

С одной стороны, промышленные и сельскохозяйственные отходы, попадая в реки, озера и грунтовые воды, приводят к их загрязнению [4, 5]. С другой стороны, сведения о концентрации примесей в воде рек и озер являются необходимыми для выбора условий работы установок водоподготовки, давая возможность прогнозировать расход реагентов и сорбционный цикл ионообменных фильтров. В связи с этим мониторинг водных объектов является актуальным.

Нами изучено наличие примесей в воде реки в области г. Стерлитамака. Мониторинг был проведен методом анализа временных рядов по 11 показателям качества воды. Это такие показатели, как жесткость, перманганатная окисляемость, щелочность и концентрация ионов Cl-, Ca²⁺, Mg²⁺, NH $_4^+$, Fe²⁺, Na $_7^+$, SO $_4^{2-}$ и SiO $_3^{2-}$. Для исследования состояния водоисточника были использованы результаты анализов воды в реке Белой, полученные в химической лаборатории Ново-Стерлитамакской ТЭЦ за 17 последних лет. Рядом исследователей отмечается, что показатели состояния воды водоисточников в природе характеризуются случайной, сезонной и трендовой составляющими [6, 7]. Эти составляющие определяются при помощи анализа временных рядов. Для этого были построены последовательности, являющиеся временными рядами. Каждая последовательность включала из 204 значения и была определена строгими временными границами – по 12 значений в году.

Определение во временных рядах сезонной составляющей проводилось расчетом автокорреляционных коэффициентов и построением коррелограмм.

Если во временном ряду наблюдаются циклические колебания, то значения каж-

дого следующего уровня определяются предыдущими. Анализом автокорреляционных функций и коррелограмм можно установить лаг, при котором наблюдается высокая корреляция, а следовательно, и лаг, при котором текущие и предыдущие уровни ряда имеют наиболее тесную связь между собой. Таким образом, анализом автокорреляционных функций и коррелограмм устанавливается структура ряда [8].

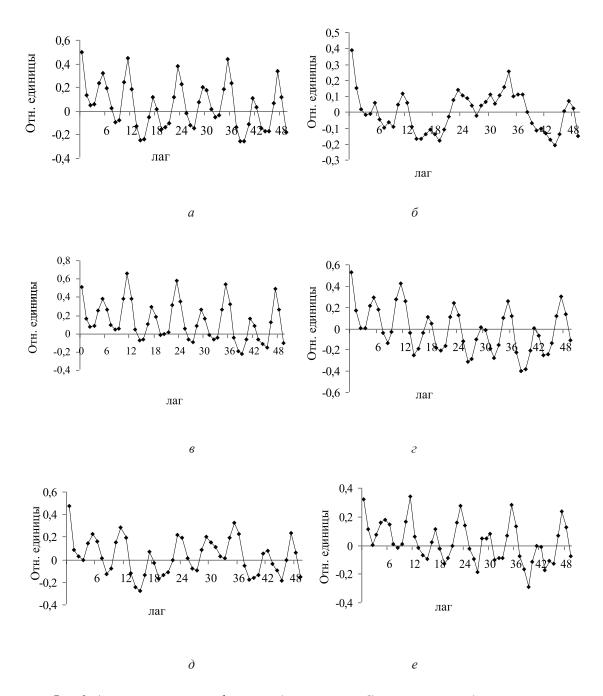
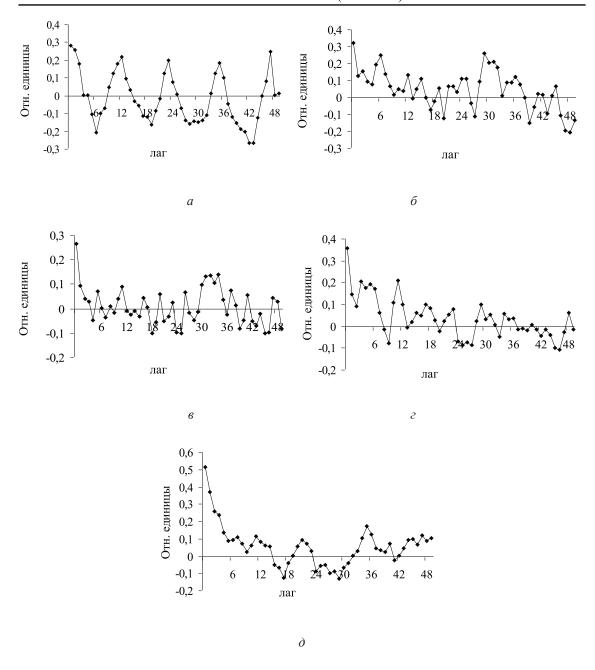


Рис. 1. Автокорреляционные функции: а) жесткость; б) окисляемость; в) щелочность; г) хлор; д) кальций; е) магний



 $Puc.\ 2.\ Aвтокорреляционные\ функции:\ a)\ SiO_3^{2-}$; б) NH_4^+ ; в) железо; г) натрий; д) сульфаты

Наибольшая величина коэффициента корреляции первого порядка указывает на то, что для исследуемого ряда характерна только тенденция. В случае, когда наибольшее значение принадлежит коэффициенту автокорреляции *п*-ого порядка, то в ряду имеются циклические колебания с периодом интервалов времени равном *п*. Если ни один из коэффициентов ряда не является значимым, это говорит о том, что структура этого ряда не содержит циклических колебаний.

По описанной методике нами были рассчитаны автокорреляционные коэффициенты, которые приведены на рис. 1 и 2.

Используя полученные результаты, можно разделить содержание указанных примесей в воде на три группы. Показатели первой группы (см. рис. 1) включают жесткость, окисляемость, щелочность, Cl^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} . У этих показателей наиболее высокие корреляционные коэффициенты наблюдаются в случае 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 и 48 порядков. Это говорит о наличии

циклических изменений содержания примесей с периодом равным 6 месяцам. Ко второй группе показателей (рис. 2, а) относится SiO_3^{2-} . Для данного показателя наиболее высокие корреляционные коэффициенты наблюдаются у 12, 24, 36, 48 порядков. Это указывает на наличие циклических колебаний содержания примесей с периодом в 12 месяцев. К третьей группе относятся (рис. 2, б, в, г, д) такие показатели, как NH_4^+ , Fe^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} . У этих показателей качества воды наблюдается хаотичное изменение автокорреляционной функции. Для этих показателей характерно отсутствие какой-либо циклической зависимости.

Выделение из данных аналитических наблюдений, для которых свойственна явная циклическая зависимость, закономерной и случайной составляющей процесса было основано на концепции оценки временных рядов и регрессионно-корреляционном анализе [8]. Исследовано влияние трендов различных типов на величину сезонных индексов в расчете сезонной составляющей. Для расчета тренда скользящего среднего применена ступенчатая функция средних значений в году и среднемноголетних значений. Установлено, что это не влияет на расчетную величину сезонных индексов. Следует отметить, что значения трендов имеют несущественные отличия. Потому в качестве тренда можно рассматривать среднемноголетние величины показателей. Это позволяет перейти к определению изменения детерминированной компоненты за время, равное годовому циклу. На основании этого была выбрана аддитивная модель временного ряда. В этом случае значения сезонных компонент рассматриваются как постоянные для различных циклов.

На основании вышесказанного была проведена свертка рассматриваемого периода времени, равного 17 годам, к «предполагаемому» году, представляющему собой модель данного временного периода.

Анализом изменения закономерных составляющих величин концентраций веществ в годовом цикле р. Белой были выявлены характерные периоды.

Для таких показателей, как жесткость (рис. 3, а), щелочность, а также концентрация Ca^{2+} , Mg^{2+} и Cl^- с начала года, характерен рост концентрации, которая достигает максимального значения к марту (жесткость — 2,41 мг-экв/дм³; Ca^{2+} – 2,22 мг-экв/дм³; Mg^{2+} – 2,13 мг-экв/дм³; щелочность — 2,35 мг-экв/дм³, Cl^- – 2,11 мг-экв/дм³).

Далее начинается спад концентрации этих веществ, который достигает своего минимального значения в мае (жесткость — $0.92~{\rm Mr}$ -экв/дм³; ${\rm Ca^{2+}}$ — $1.58~{\rm Mr}$ -экв/дм³; ${\rm Mg^{2+}}$ — $1.43~{\rm Mr}$ -экв/дм³; щелочность — $0.95~{\rm Mr}$ -экв/дм³; ${\rm Cl^-}$ — $1.61~{\rm Mr}$ -экв/дм³).

После этого наблюдается увеличение содержания этих веществ в воде, которое достигает максимального значения в августе (жесткость — 2,45 мг-экв/дм³; Ca^{2+} — 2,12 мг-экв/дм³; Mg^{2+} — 2,34 мг-экв/дм³; щелочность — 2,41 мг-экв/дм³; Cl^- — 2,21 мг-экв/дм³).

Затем концентрация примесей снова понижается и достигает минимума в октябре (жесткость — 1,83 мг-экв/дм³; Ca^{2+} — 1,91 мг-экв/дм³; Mg^{2+} — 1,96 мг-экв/дм³; щелочность — 1,92 мг-экв/дм³; Cl^- — 1,91 мг-экв/дм³). Далее снова наблюдается рост содержания примесей. Данное поведение концентрации щелочности, жесткости, содержания Ca^{2+} , Mg^{2+} и Cl^- означает, что эти примеси разводятся весной и осенью паводковыми водами.

У окисляемости (рис. 3, б) сначала наблюдается снижение концентрации, которое достигает минимума в марте (1,37 мг/дм³). После чего происходит увеличение концентрации до 2,79 мг/дм³ к маю, что объясняется смывом органических веществ в реку в период паводка весной. В течение лета ХПК имеет достаточно большую величину, определяемую ростом водорослей. В третьем периоде (август) идет уменьшение ХПК до 1,83 мг/дм³ за счет разбавления воды осенними дождями. С сентября по декабрь наблюдается рост ХПК до 2,13 мг/дм³. Это можно объяснить размножением микроорганизмов.

Для сезонной компоненты содержания SiO_3^{2-} имеется хорошо выраженная циклическая зависимость автокорреляционной функции. Однако здесь не наблюдается таких резких изменений, как в предыдущем случае. Имеется незначительное уменьшение содержания SiO_3^{2-} в апреле, июне и сентябре.

Чтобы выяснить полную картину в поведении веществ в воде, необходимо иметь представление о тенденции изменения концентраций этих веществ за рассматриваемый период. Для этого были рассчитаны трендовая, сезонная и случайная компоненты содержания рассматриваемых веществ в воде.

В таблице представлены трендовая, сезонная и случайная составляющие показателей качества воды в р. Белой водозабора г. Стерлитамака.

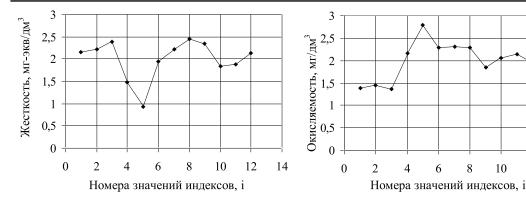


Рис. 3. Детерминированные компоненты показателей качества воды в р. Белой: а) жесткости; б) окисляемости

Трендовая, сезонная и случайная составляющие показателей качества воды
в р. Белой водозабора г. Стерлитамака

Показатели	Величина компоненты, %								
	Тенденция	Сезонная составляющая	Случайная составляющая						
1. Жесткость	9,3	33,0	57,7						
2. Окисляемость	0,7	21,1	78,2						
3. Щелочность	17,9	38,3	43,8						
4. Cl ⁻	1,2	33,7	65,1						
5. Ca ²⁺	6,8	21,6	71,6						
6. Mg ²⁺	6,1	26,9	67,0						
7. SiO ₃ ²⁻	0,3	23,5	76,2						
8. NH ₄ ⁺	5,1	5,9	89,0						
9. Fe ²⁺	0,3	13,6	86,1						
10. Na ⁺	0,9	7,5	91,6						
11. SO ₄ ²⁻	3,8	13,6	82,6						

Заключение

Для исследования показателей качества воды в р. Белой в створе г. Стерлитамака применен метод анализа временных рядов. Расчет коэффициентов автокорреляции и изучение автокорреляционных функций позволило разделить все показатели на три части. К первой части относятся вещества, коэффициенты корреляции для которых имеют наиболее высокие значения для 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 и 48 порядков. Это жесткость, окисляемость, щелочность, Cl^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} . Ко второй части показателей относится SiO_3^{2-} . Этому показателю присущи наиболее высокие значения корреляционных коэффициентов для 12, 24, 36, 48 порядков. К третьей части относятся показатели NH_4^+ , Fe^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} . У этих веществ наблюдается хаотичное изменение автокорреляционной функции. Это свидетельствует об отсутствии для этих веществ каких-либо циклических закономерностей. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что для первой и второй групп показателей наблюдается их сезонная зависимость, обусловленная временем года. В случае третьей части показателей качества воды отсутствие циклической зависимости связано со случайным поступлением этих веществ в реку. Такие поступления могут возникать при поступлении в реку сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

8

10

12

14

Наличие сезонной зависимости у веществ, относящихся к первой группе показателей, означает влияние на величину этих показателей осенних и весенних паводков. Причем для таких показателей как жесткость, щелочность, Cl^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} , в весенние и осенние паводки характерно понижение их содержания в воде, а для окисляемости, наоборот, повышение.

Для трендовой составляющей, которая характеризует тенденцию в изменении содержания примесей в воде за последние 17 лет, наблюдается как их увеличение, так и их понижение.

На основе данных, полученных при изучении изменения содержания примесей в р. Белой в районе г. Стерлитамака можно прогнозировать условия для увеличения эффективности при водоподготовке.

Список литературы

- 1. Jie Wang, Guijian Liu, Houqi Liu, Paul K.S. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China // Science of The Total Environment. 1 April 2017. Vol. 583. P. 421–431.
- 2. Yingyuan Shi, Gaohong Xu, Yonggui Wang, Bernard A. Engel, Hong Peng, Wanshun Zhang, Meiling Cheng, Minglong Dai. Modelling hydrology and water quality processes in the Pengxi River basin of the Three Gorges Reservoir using the soil and water assessment tool // Agricultural Water Management. 1 March 2017. Vol. 182. P. 24–38.
- 3. Hovhannisyan Arpine, Shahnazaryan Gayane. Determination of background concentrations of hydrochemical parameters and water quality assessment in the Akhuryan River Basin (Armenia) // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. August 2016. Vol. 94. P. 2–9.
- 4. Ranran Li, Zhihong Zou, Yan An. Water quality assessment in Qu River based on fuzzy water pollution index method // Journal of Environmental Sciences. December 2016. Vol. 50. P. 87–92.
- 5. Ahmed Barakat, Mohamed El Baghdadi, Jamila Rais, Brahim Aghezzaf, Mohamed Slassi. Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques // International Soil and Water Conservation Research. December 2016. Vol. 4, Issue 4. P. 284–292.

- 6. Педан В.В. Анализ структуры временных рядов весенних максимальных уровней природных вод / В.В. Педан // Водные ресурсы. 2003. т. 30, № 6. С. 688–695.
- 7. Применение метода анализа временных рядов для исследования содержания аммиака и щелочности в воде реки Белая / Н.А. Быковский [и др.] // Башкирский химический журнал. 2011. т. 18, N2 2. C. 203–204.
- 8. Джеймс А.М. Математические модели контроля загрязнения воды / Под ред. А.М. Джеймс. М.: Мир, 1981.-471 с.

References

- 1. Jie Wang, Guijian Liu, Houqi Liu, Paul K.S. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China // Science of The Total Environment. 1 April 2017. Vol. 583. pp. 421–431.
- 2. Yingyuan Shi, Gaohong Xu, Yonggui Wang, Bernard A. Engel, Hong Peng, Wanshun Zhang, Meiling Cheng, Minglong Dai. Modelling hydrology and water quality processes in the Pengxi River basin of the Three Gorges Reservoir using the soil and water assessment tool // Agricultural Water Management. 1 March 2017. Vol. 182. pp. 24–38.
- 3. Hovhannisyan Arpine, Shahnazaryan Gayane. Determination of background concentrations of hydrochemical parameters and water quality assessment in the Akhuryan River Basin (Armenia) // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. August 2016. Vol. 94. pp. 2–9.
- 4. Ranran Li, Zhihong Zou, Yan An. Water quality assessment in Qu River based on fuzzy water pollution index method // Journal of Environmental Sciences. December 2016. Vol. 50. pp. 87–92.
- 5. Ahmed Barakat, Mohamed El Baghdadi, Jamila Rais, Brahim Aghezzaf, Mohamed Slassi. Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques // International Soil and Water Conservation Research. December 2016. Vol. 4, Issue 4. pp. 284–292.
- 6. Pedan V.V. Analiz struktury vremennyh rjadov vesennih maksimalnyh urovnej prirodnyh vod / V.V. Pedan // Vodnye resursy. 2003. t. 30, no. 6. pp. 688–695.
- 7. Primenenie metoda analiza vremennyh rjadov dlja issledovanija soderzhanija ammiaka i shhelochnosti v vode reki Belaja / N.A. Bykovskij [i dr.] // Bashkirskij himicheskij zhurnal. 2011. t. 18, no. 2. pp. 203–204.
- 8. Dzhejms A.M. Matematicheskie modeli kontrolja zagrjaznenija vody / Pod red. A.M. Dzhejms. M.: Mir, 1981. 471 p.

УДК 551.345:536:539.3(571.56)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАССЫ ВОДОВОДА НИЖНИЙ БЕСТЯХ – ВОДОХРАНИЛИЩЕ МУНДУЛАХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Варламов С.П., Скрябин П.Н.

ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН», Якутск, e-mail: svarlamov@mpi.ysn.ru

Представлены результаты инженерно-геокриологических исследований, выполненных в полосе проложения водовода Нижний Бестях – водохранилище Мундулах в Центральной Якутии. Освещены геокриологические условия района работ, методика геотемпературного мониторинга верхних горизонтов криолитозоны. Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов. Полевые работы включают повторные ландшафтные обследования нарушенных участков, проведения наблюдений в холодный и теплый сезоны года за высотой и плотностью снежного покрова, свойствами, протаиванием и температурой грунтов. Исследована динамика индикаторов изменений термического режима грунтов: мощность сезоннопротаивающего слоя и температуры в слое годовых теплооборотов. Выявлено значительное повышение среднегодовой температуры грунтов и увеличение глубины сезонного протаивания при вырубке леса и нарушения напочвенного покрова. Мощность сезоннопротаивающего слоя на трассе водовода увеличивается ежегодно, местами достигая верхней кровли подземных льдов, где начинается деградация многолетнемерзлых пород. Приведены данные о развитии опасных криогенных процессов. Результаты исследований использованы при проектировании и строительстве водовода. Экспериментальные данные являются основой прогноза изменения термического режима грунтов нарушенных ландшафтов и разработки рекомендаций по рациональному природопользованию.

Ключевые слова: водовод, мерзлые грунты, температура, сезоннопротаивающий слой, мониторинг, динамика, нарушенные ландшафты

ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS ALONG THE WATER PIPELINE ROUTE FROM MUNDULAKH RESERVOIR TO NIZHNY BESTYAKH, CENTRAL YAKUTIA

Varlamov S.P., Skryabin P.N.

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, e-mail: svarlamov@mpi.ysn.ru

This article presents the results of engineering-geocryological investigations performed along the route of the Mundulakh Reservoir – Nizhny Bestyakh water pipeline in Central Yakutia. The geocryological conditions in the study area, as well as the methods of permafrost thermal monitoring are described. The research focuses on the upper permafrost within the depth of annual temperature fluctuations. Field observations involve repeated surveys of the disturbed landscapes, including measurements of snow depth, snow density, soil properties, thaw depth, and ground temperature in the cold and warm seasons. The study aims to explore active layer thickness and near-surface permafrost temperatures, the variables which indicate changes to the ground thermal regime. The study has shown significant increases in mean annual ground temperatures and seasonal thaw depths following deforestation and surface disturbance. The active-layer thickness along the pipeline route has been increasing from year to year, locally reaching the top of ground ice bodies and triggering permafrost degradation. The development of permafrost-related hazards is reported. The results obtained have been used in the design and construction of the water pipeline. The experimental data provide a basis for predicting possible changes to the ground thermal regime in disturbed landscapes, as well as for developing recommendations for rational nature management.

Keywords: water pipeline, permafrost, temperature, thaw depth, monitoring, dynamics, terrain disturbance

Рациональное и безопасное использование природных криогенных ресурсов является современной актуальной задачей в холодных регионах России. В Центральной Якутии строительство и эксплуатация сооружений (трубопроводы, линейных железные, автомобильные дороги и т.д.) осложняется большим разнообразием инженерно-геокриологических условий и тенденциями развития неблагоприятных криогенных процессов. Устойчивость мерзлотных ландшафтов при техногенных воздействиях определяют ведущие природные факторы: температура грунтов, льдистость,

растительность и криогенные процессы. Строительство линейных сооружений неизбежно сопровождается нарушением условий теплообмена грунтов с атмосферой: удаляется растительный и напочвенный покровы, изменяется мощность и плотность снега, состав и свойства грунтов сезонного протаивания-промерзания. В результате интенсивного изменения температурного и влажностного режима грунтов начинают развиваться негативные криогенные процессы. Эти процессы приводят к изменению мерзлотно-ландшафтных условий территории и угрожают устойчивости сооружений.

Тепловое состояние грунтов является одной из основных характеристик геокриологических условий, определяющих устойчивость инженерных объектов.

В связи с реализацией программы водоснабжения заречных районов Республики Саха (Якутия) Институт мерзлотоведения СО РАН в 1993 г. выполнил инженерногеокриологические исследования на трассе проектируемого водовода Нижний Бестях - водохранилище Мундулах. Было изучено распространение, строение многолетнемерзлых пород, температурный режим прибрежной зоны водохранилища. Составлен прогноз теплового режима ложа водохранилища и оценены характер и темпы переработки его берегов. С 1994 г. организован геотемпературный мониторинг грунтов с целью установления эволюции и тенденции развития инженерно-геокриологического состояния грунтов вдоль трассы водовода.

Материалы и методы исследования

Прилегающая к водоводу территория характеризуется сложными геокриологическими условиями: распространением многолетнемерзлых пород, надмерзлотных вод, подземных льдов и развитием криогенных процессов [1–4 и др.].

Трасса прокладки водовода в рассматриваемом районе пересекает естественные и нарушенные ландшафты трех типов местности: пойменного, песчано-грядового, межаласного.

В пойменном типе местности геотемпературные наблюдения организованы на злаково-разнотравном лугу у прибортовой части межгривного понижения на средней пойме (Скв-168/89). Напочвенный покров представлен дерново-растительным слоем мощностью до 0,12 м. Сезоннопротаивающий слой до глубины 1,5 м сложен мелкозернистым песком влажностью 18–21%. Многолетнемерзлые среднезернистые пески до глубины 12,1 м характеризуются постоянной влажностью равной 25%.

В песчано-грядовом типе местности наблюдения в естественных условиях организованы в лишайниково-толокнянковом сосняке (Скв-13/93). Напочвенный покров мощностью 0,06 м представлен слаборазложившимися мхами и лишайниками с пылеватыми песками, влажностью до 12%. Сезоннопротаивающий слой мощностью до 2,1 м сложен мелкозернистым песком и характеризуется малой влажностью (2–3%) верхнего 1-метрового слоя, у по-

дошвы сезонного протаивания влажность их увеличивается до 15–18%. Подстилаемые многолетнемерзлые пылеватые пески с массивной криотекстурой до глубины 11 м отличаются повышенной влажностью (19–21%).

Техногенный участок (свежая гарь) расположен на склоне песчаной гряды западной экспозиции. Природный пожар 1987 г. в последующем стал причиной вывала молодого соснового древостоя (Скв-13/87). Верхний слой почвы мощностью до 8 см содержит обгоревшие растительные остатки с влажностью 3–5%. Сезоннопротаивающий слой до глубины 1,75 м сложен слабоувлажненным (5–13%) мелкозернистым песком. Многолетнемерзлые грунты слоя годовых теплооборотов отличаются постоянной влажностью (19-20%) и представлены переслаиванием мелкозернистого песка и супеси.

В межаласном типе местности контрольный участок оборудован в лиственничном лесу (Скв-10/93). Напочвенный покров толщиной до 0,1 м представляют зеленые мхи с включением слаборазложившейся лесной подстилки, влажность которых изменяется в широких пределах (7-47%). Сезоннопротаивающий мощностью 1,4-1,6 м сложен супесью и суглинком с влажностью 10-15%. Подстилающие многолетнемерзлые суглинисто-супесчаные грунты до глубины 5 м характеризуются устойчиво повышенной влажностью 49-53 %. В интервале глубин 3–12 м вскрыты повторно-жильные льды.

Второй техногенный участок оборудован на просеке водовода (Скв-12/93). В процессе сооружения трубопровода был вырублен лес и уничтожена лесная подстилка. Влажность верхнего нарушенного слоя грунтов мощностью 0,05–0,1 м изменяется в небольших пределах (4–9%). Сезоннопротаивающий супесчаный слой отличается большими изменениями влажности (15–35%). С глубины 2,1 м до 14,0 м залегают повторно-жильные льды, которые до 15,8 м подстилаются супесями с прослойками тонкозернистого песка, ниже до 19 м – мелкозернистыми песками.

Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов до глубины 10–15 м. Основными критериями тепловой реакции криолитозоны на антропогенные воздействия являются мощность сезоннопротаивающего слоя (ξ) и среднегодовая температура на подошве слоя годовых теплооборотов (t_0). Работы проводятся в со-

ответствии с требованиями метода природных аналогий на основе организации длительных натурных исследований [5].

Наблюдательная сеть геотемпературного мониторинга охватывает естественные и нарушенные ландшафты. Натурные наблюдения проводятся 4 раза в холодный и тёплый периоды года. Полевые работы предусматривают повторное обследование нарушенных ландшафтов, проведение наблюдений за факторами, определяющими термический режим грунтов (высота и плотность снега, строение, свойства, протаивание и температура грунтов, теплопроводность напочвенных покровов, криогенные процессы).

Результаты исследования и их обсуждение

На средней пойме в межгривном понижении с ивовыми кустами (Скв-168/89) межгодовые изменчивости среднегодовых температур грунтов на подошве слоя годовых теплооборотов изменяются в широких пределах от –1,1 до –3,5 °С, мощность сезоннопротаивающего слоя, находящегося в сильноувлажненном состоянии, варьирует в широких пределах (1,43–2,15 м). В формировании термического режима грунтов определяющее влияние оказывают снежный покров и пойменный режим реки. Минимальные температуры грунтов наблюда-

лись в периоды с аномально малоснежными покровами (1996, 1997 гг.), когда максимальная высота снега за сезон составляла всего 30–35 см. Максимальные температуры отмечались в многоснежные и аномально многоснежные годы (1999–2001 гг.) при максимальной мощности снежного покрова равной 39–51 см.

После сильных наводнений 2006 и 2011 гг. намыв песка толщиной до 0,3 м на поверхности поймы способствовал понижению температуры грунтов на 1,6–2,0°С (рис. 1).

Здесь опасными экзогенно-геологическими процессами являются весенние ледоходы р. Лены, где отмечаются срезание льдами кустарниково-древесной растительности, намыв песков половодьем, размыв берегов пойм и др.

В песчано-грядовом типе местности на толокнянковом сосняке (Скв-13/93) среднегодовые температуры грунтов на глубине 10 м за период наблюдений изменялись в пределах –0,7...–2,1°С (рис. 1), мощности сезоннопротаивающего слоя составляли 1,85–2,10 м. Основными факторами, определяющими формирования термического режима песчаных грунтов, являются метеорологические параметры холодного периода (приземная температура воздуха, динамика снежного покрова), влажностный режим сезоннопротаивающего слоя и их слабая теплопроводность.

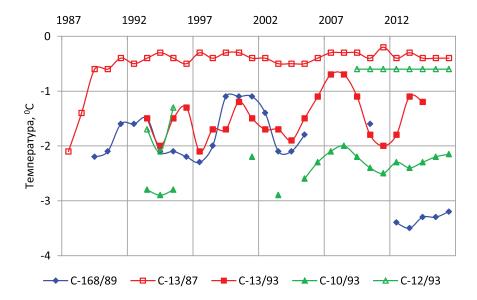


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры грунтов: C-168/89 – на разнотравном лугу средней поймы, C-13/93 – в сосновом лесу и C-13/87 – на гари с вырубкой в песчано-грядовом типе местности, C-10/93 – в лиственничном лесу и C-12/93 – при вырубке леса и нарушении напочвенного покрова в межаласном типе местности на трассе водовода

На техногенном участке в течение 2 лет после природного пожара отмечается резкое повышение t_0 на 1,5 °C. Начиная с 4-го года на бывшей гари при постепенном самовосстановлении березово-кустарниковой растительности наблюдается стабилизация температуры грунтов и ее значения не выходят за пределы -0,3 -0,4 °C (рис. 1). Мощность сезоннопротаивающего слоя в зависимости от летних температур воздуха изменялась в пределах 2,4–2,8 м. В этом типе местности развитие опасных криогенных процессов не отмечается.

В межаласном типе местности в районе водохранилища Мундулах геотемпературный мониторинг в естественных условиях (Скв-10/93) проводится с 1993 г. в мохово-брусничном лиственничнике [6]. Максимальная высота снежного покрова варьировала в пределах 31–36 см. Среднегодовая температура грунтов на подошве годовых теплооборотов изменяется от –2,0 до –2,9°С.

В 1992 г. для прокладки водовода была вырублена просека в лиственничном лесу с последующим нарушением напочвенного покрова. На этом техногенном участке (Скв-12/93) проведены многолетние экспериментальные наблюдения [6]. К сожале-

нию летом 1995 г. в процессе эксплуатации водовода скважина была выведена из строя. В сентябре 2008 г. была пробурена новая скважина на расстоянии 100 м от первой. Вырубка затеняющего леса и уничтожение теплоизолирующего мохового покрова привели к резкому повышению температуры грунтов. Через 23 года в конце теплого периода повышение температуры грунтов на глубине 2 м составило 3,6°, на глубине 5 м – 1,5°С (рис. 1 и 2). Следовательно, подошва сваи опоры находится в высокотемпературных слабоустойчивых мерзлых грунтах, температура которых составляет всего –0,6°С.

На просеке по сравнению с естественными условиями среднегодовая температура грунтов на глубине 5 м повысилась на 1,4 °С, а мощность сезоннопротаивающего слоя увеличилась на 1,1 м и достигла 3,0 м. Такие изменения теплового состояния грунтов при залегании повторно-жильных льдов на глубинах 1,6–2,4 м обусловили деградацию мерзлой толщи, просадку поверхности на 0,5–1,0 м и развитию начальной формы термокарста (рис. 3). Формирование полигональной формы рельефа на просеке представляет серьезную опасность устойчивости грунтового основания водовода.

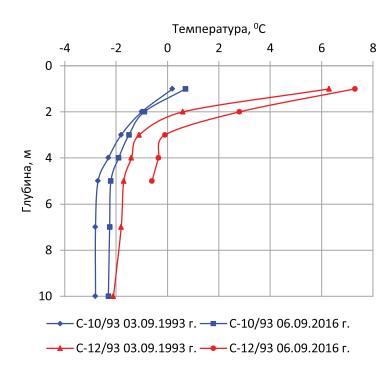


Рис. 2. Изменение температуры грунтов в лиственничном лесу (Скв-10/93) и на просеке (Скв-12/93) трассы водовода Нижний Бестях – Мундулах



Рис. 3. Развитие начальной формы термокарста Вид Скв-12/93* (восстановленной, где стоит буровая установка) от старой Скв-12/93 (вышедшей из строя). Август 2009 г.

Участок водохранилище Мундулах расположен в 1,2 км восточнее с. Майя, в окрестностях одноименного аласа. Зрелая термокарстовая котловина глубиной 10–15 м вытянута в северо-восточном направлении, имеет длину 1,5 и ширину 0,6 км. Полевые работы лаборатории криолитологии в 1993 г. установили повсеместное развитие супесчано-суглинистых отложений ледового комплекса с повторно-жильными льдами. Влажность мерзлых отложений колеблется в пределах 37–53 %, объемная льдистость изменяется от 0,45 до 0,78.

Температурный режим мерзлых грунтов в пределах котловины определяется в основном экспозицией склонов и наличием растительного покрова. На склонах южной экспозиции отмечаются самые высокие температуры, которые составляют –1,7°С на луговом межаласье и верхней части склона борта и –0,8°С в нижней периферийной части днища аласа. Самая низкая температура грунтов характерна для склона северо-восточной экспозиции, где она достигает –3,0°С. На межаласьях, где произрастает лиственничный лес, температура грунтов на глубине годовых нулевых амплитуд составляет около –3,0°С.

Буровые работы лаборатории геокриологического прогноза в 1993 г. выявили наличие мерзлых пород мощностью 5–6 м в центре аласа, на глубине 7 м вскрыли талые, водо-

насыщенные грунты. Проект Института «Гипроводхоз» предусматривал затопление половины площади аласа, поэтому на середине его было рекомендовано сооружение дамбы длиной 570 м. Прогнозная оценка, выполненная Н.И. Шендером и А.С. Тетельбаумом, показала, что при заполнении водохранилища мерзлые породы, залегающие на днище котловины, полностью протаивают за 8–12 лет. Верхняя граница многолетнемерзлых пород через 40 лет будет фиксироваться на расстоянии 55 м от береговой линии, примерно на глубине 8 м от поверхности дна аласа.

Водохранилище заполнялось полностью в течение 1995—1996 гг. В результате теплового влияния водной толщи водохранилища под днищем котловины и дамбой протаяли мерзлые грунты и вторая сухая половина аласа в 2006 г. тоже стала заполняться водой, с лета 2008 г. днище котловины аласа представляет единый водоем водохранилища.

Выводы

На основе выполненных исследований можно сформулировать следующие выводы:

1. Выявлено понижение среднегодовой температуры грунтов на глубине 10 м на 1,6-2,0 °С в средней пойме при намыве песка. Лесной природный пожар в песчаногрядовом типе местности приводит к повышению t_0 на 1,6-1,9 °С. Вырубка леса

- и уничтожение напочвенного покрова в межаласном типе местности повышает t_0 на 1,5 °C, увеличивает ξ на 1,1 м.
- 2. Техногенные воздействия в межаласном типе местности при близком залегании повторно-жильных льдов обусловили деградацию мерзлой толщи, развитие начальной формы термокарста, угрожающей устойчивости водовода.
- 3. Инженерно-геокриологическое состояние трассы водовода оценивается как относительно устойчивое в песчано-грядовом и слабо устойчивое в межаласном типах местности.

Список литературы

- 1. Бойцов А.В. Особенности режима надмерзлотных вод сезонноталого слоя в условиях расчлененного рельефа // Мониторинг подземных вод криолитозоны. Якутск: Интмерзлотоведения СО РАН, 2002. С. 124–140.
- 2. Босиков Н.П. Мерзлотные ландшафты зоны освоения Лено-Алданского междуречья / Н.П. Босиков, И.С. Васильев, А.Н. Федоров. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. 124 с.
- 3. Иванов М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины. Новосибирск: Наука, 1984 125 с
- 4. Гаврильев П.П. Мерзлотно-экологические особенности таежных агроландшафтов Центральной Якутии /

- П.П. Гаврильев, И.С. Угаров, П.В. Ефремов. Якутск: Издво Института мерзлотоведения СО РАН, 2001. 196 с.
- 5. Скрябин П.Н. Термический режим нарушенных ландшафтов Центральной Якутии / П.Н. Скрябин, С.П. Варламов // Криосфера Земли. 2013. Т. XVII. № 3. С. 44—49.
- 6. Скрябин П.Н. Оценка теплового состояния нарушенных ландшафтов при восстановлении растительности / П.Н. Скрябин, С.П. Варламов // Успехи современного естествознания. -2013. № 2. C. 73—76.

References

- 1. Bojcov A.V. Osobennosti rezhima nadmerzlotnyh vod sezonnotalogo sloja v uslovijah raschlenennogo relefa // Monitoring podzemnyh vod kriolitozony. Jakutsk: In-t merzlotovedenija SO RAN, 2002. pp. 124–140.
- 2. Bosikov N.P. Merzlotnye landshafty zony osvoenija Leno-Aldanskogo mezhdurechja / N.P. Bosikov, I.S. Vasilev, A.N. Fedorov. Jakutsk: In-t merzlotovedenija SO AN SSSR, 1985. 124 p.
- 3. Ivanov M.S. Kriogennoe stroenie chetvertichnyh otlozhenij Leno-Aldanskoj vpadiny. Novosibirsk: Nauka, 1984. 125 p.
- 4. Gavrilev P.P. Merzlotno-jekologicheskie osobennosti taezhnyh agrolandshaftov Centralnoj Jakutii / P.P. Gavrilev, I.S. Ugarov, P.V. Efremov. Jakutsk: Izd-vo Instituta merzlotovedenija SO RAN, 2001. 196 p.
- 5. Skrjabin P.N. Termicheskij rezhim narushennyh landshaftov Centralnoj Jakutii / P.N. Skrjabin, S.P. Varlamov // Kriosfera Zemli. 2013. T. XVII. no. 3. pp. 44–49.
- 6. Skrjabin P.N. Ocenka teplovogo sostojanija narushennyh landshaftov pri vosstanovlenii rastitelnosti / P.N. Skrjabin, S.P. Varlamov // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2013. no. 2. pp. 73–76.

УДК 911.2:556.5

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ФОНА ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Давыдова Н.Д.

ИГСО РАН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, e-mail: davydova@irigs.irk.ru

В связи со строительством заводов по производству алюминия ОАО «РУСАЛ» на юге Минусинской котловины (Хакасия) возникло опасение относительно влияния загрязнения атмосферы на водные объекты этой территории. Представленный в работе материал дает представление о природном химическом составе воды атмосферных осадков, рек, озер, грунтовых и глубинных вод, который необходим для использование го в качестве эталона сравнения. Установлено, что изменения химического состава связаны, прежде всего, с природными особенностями территории. При движении от гор к предгорью минерализация воды рек постепенно возрастает с 88 до 108 мг/дм³. Повышение минерализации происходит за счет практически всех ингредиентов, в том числе появления нормальных карбонатов. Содержание F - и Al³ также закономерно повышается, оставаясь в пределах нормы. Общий состав воды – гидрокарбонатный магниево-кальциевый. Минерализация воды в озерах меняется от пресных менее 0,8 до рассолов 150 г/дм³. Соответственно изменяется и анионно-катионный состав – от гидрокарбонатного кальциевого (пресные озера) до хлоридного натриевого (рассолы). Содержание фтора увеличивается соответственно от 1,3 до 4,6 мг/дм³. Глубинные воды среднеминерализованные, гидрокарбонатные магниево-кальциевые, среднежесткие (4,77 ммоль/дм³), отличаются стабильно низким содержанием F (0,20–0,23 мг/дм³).

Ключевые слова: химический состав, реки, озера, подземные воды, котловина, горное обрамление

WATER OBJECTS CHEMICAL COMPOSITION OF THE BACKGROUND IN SOUTHERN MINUSINSK DEPRESSION

Davydova N.D.

IG SB RAS «V.B. Sochava Institute of geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science», Irkutsk, e-mail: davydova@irigs.irk

In connection with construction of the plants on aluminum production of JSC «RUSAL» in the south of Minusinsk Depression (Khakassia) there was fear concerning influence of pollution of the atmosphere on water objects of this territory. The material presented in work gives an idea of the natural chemical composition of an atmospheric precipitation water, the rivers, lakes, ground and deep waters which is necessary for his use as a comparison standard. It is established that changes of the chemical composition are connected, first of all, with natural features of the territory. At the movement from mountains to the foothills the mineralization of water of the rivers gradually increases from 88 up to 108 mg/dm³. Increase in a mineralization happens at the expense of almost all ingredients, including emergence of normal carbonates. The maintenance of F⁻ and Al³⁺ also naturally increases, remaining within norm. The general composition of water is hydrocarbonate magnesium-calcium. The water mineralization in lakes changes from fresh less than 0,8 to brines of 150 g/dm³. Respectively also the anionic-cationic structure from hydrocarbonate calcic (fresh lakes) to chloride sodium changes (brines). Content of fluorine increases respectively from 1,3 to 4,6 mg/dm³. The deep waters so-so mineralized hydrocarbonate magnesium-calcium, so-so rigid (4,77 mmol/dm³), differ in steadily low maintenance of F⁻ (0,20–0,23 mg/dm³).

 $Keywords: chemical\ composition,\ rivers,\ lakes,\ underground\ waters,\ hollow,\ mountain\ frame$

Химический состав поверхностных и подземных вод суши в значительной мере зависит от состояния атмосферы. Активное воздействие атмосферы на наземные экосистемы и гидросферу проявляется через атмосферные осадки в виде дождя и снега, которые в условиях техногенеза очищают атмосферу, но загрязняют компоненты природной среды. Избыточное поступление поллютантов, в том числе фтора, в геосистемы происходит в основном за счет внесения удобрений, сточных вод и атмосферных выпадений от промышленных предприятий. Строительство заводов по производству алюминия ОАО «РУСАЛ» на юге Минусинской котловины вызывает опасение относительно

загрязнения водных объектов территории, прежде всего фторидами и алюминатами.

Цель исследования — установить уровни содержания химических элементов в водных объектах юга Минусинской котловины и ее горного обрамления, находящихся вне сферы влияния предприятий ОАО «РУСАЛ».

Материалы и методы исследования

Объект исследования – воды рек и озер (табл. 1), а также атмосферные осадки, грунтовые и глубинные воды территории юга Минусинской котловины.

Отбор проб воды проводился (2009—2015 гг.) в межень выше населенных пунктов по течению рек в соответствии с [1]. Всего отобрано и проанализировано 98 образцов.

	Таблица 1
Список исследуемых рек и озер	

	Реки		Озера		
N_{Ω}		N_{0}		No	
1	Голубая (с. Голубая)	9	Орловка (с. Белозеровка)	1	Красное
2	Енисей (ниже Шушенской ГЭС)	10	Шунерчик (с. Шунеры)	2	Поповское
3	Сизая (с. Сизая)	11	Шушь (п. Шушенское)	3	Чалпан
4	Приток р. Малая Шушь	12	Бея. (п. Бея)	4	Бугаево
5	Малая Шушь (п. Ленск)	13	Енисей (с. Монастырка)	5	Черное (с. Дмитриевка)
6	Малая Шушь (п. Майский)	14	Калы (с. Калы)	6	Черное (с. Сабинка)
7	Средняя Шушь (с. Ср. Шушь)	15	Сабинка (с. Сабинка)	7	Новотроицкое
8	Алтан (с. Ильичево)			8	Трехозерки

Количественный химический анализ проб воды выполнялся в сертифицированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН с использованием приборной базы Байкальского центра коллективного пользования и стандартных методик (РД и ПНДФ). Пробы анализировались на анионно-катионный состав и содержание 20 химических элементов – Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, Mn, P, Sr, Ba, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb, F, V. Содержание фтора выявлялось методом прямой потенциометрии на иономере «Эксперт-001» с помощью фторселективного электрода ЭЛИС 131F.

Результаты исследования и их обсуждение

Химический состав поверхностных вод в значительной степени формируется в соответствии с зональными изменениями климата, почв, растительности. Воды аридной зоны в целом более минерализованы, чем воды гумидных зон. Изменения заметны также и при переходе от ландшафтов горной тайги к лесостепным и степным ландшафтам.

Атмосферные осадки (дождевая вода). В условиях степей юга Минусинской котловины атмосферные осадки мало минерализованы (4,47–26,96 мг/дм³). В среднем это составляет 15 мг/дм³. По данному показателю они очень близки к атмосферным осадкам центральных районов европейской части России с минерализацией 16,9 мг/дм³. Однако химический состав их различен. Если в дождевой воде европейской части территории России преобладают ионы SO4²+ и Cа²+ (состав сульфатный кальциевый), то на исследуемой территории среди анионов преобладают НСО³-,

СІ, а среди катионов — Na^+ , Ca^{2+} (состав хлоридно-гидрокарбонатный кальциевонатриевый). Указанные различия можно объяснить субаридным климатом степей и присутствием засоленных почв, подверженных дефляции. Это находит отражение также в реакции дождевой воды (рН), которая меняется от 5,74 до 7,17. Средние содержания фтора 0,06 (0,01–0,11), алюминия 0,04 (0,01–0,08) мг/дм³.

Реки. Основное питание поверхностных водотоков исследуемой территории, которые представлены небольшой частью р. Енисей, берущей начало глубоко в горах Западного Саяна, и его притоками, преимущественно снеговое [2], поэтому воды рек в пределах горной тайги имеют малую минерализацию (до 100 мг/дм3) и классифицируются как ультрапресные. Содержание F – составляет 0,07–0,12 мг/дм³, Al^{3+} – 0,041-0,045. Вследствие того, что горные массивы Западного Саяна часто включают основные породы, дренирующие их реки имеют слабощелочную реакцию, среди катионов преобладают Ca^{2+} и Mg^{2+} (табл. 2). Согласно классификации [3, 4], они отнесены к гидрокарбонатному классу, группе кальция и магния.

При движении от гор к предгорью минерализация воды рек постепенно возрастает с 88 до $108~\rm Mr/д M^3$, но особенно это заметно в лесостепной и степной части Южно-Минусинской котловины (M = 252– $322~\rm Mr/д M^3$). По этому показателю они классифицируются как умеренно пресные (0,2–0,5 г/д м³). Повышение минерализации происходит за счет практически всех ингредиентов, в том числе появления нормальных карбонатов. Содержание F^- и A13+ также закономерно повышается, но остается в пределах нормы для вод питьевого

и хозяйственного назначения [5]. Однако содержание $A1^{3+}$, которое составляет 0,08—0,12 мг/дм³, превышает в 2–3 раза ПДК (0,04 мг/дм³), установленную для воды объектов, имеющих рыбохозяйственное значение [6]. Жесткость воды меняется от очень мягкой в горах до умеренно жесткой в степной части. Соответственно, в их анионном составе доминируют ионы HCO_3^{-1} и CO_3^{-2-} , а в катионном – Ca^{2+} и Mg^{2+} . Общий состав (табл. 2) — гидрокарбонатный магниево-кальциевый, представленный в виде формулы Курлова.

Интересно то, что на фоне такой трансформации катионно-анионного состава воды притоков р. Енисей состав воды самой реки («Большая вода») мало меняется вплоть до нижнего бъефа Крас-

ноярской гидроэлектростанции, где минерализация воды в среднем составляет $84,7 \pm 1,4$ мг/ дм³ при диапазоне концентраций 59,4-117,0 мг/дм3 [7]. Химический состав - гидрокарбонатный кальциевый, реакция среды характеризуется как слабощелочная и нейтральная (рН = 6,98-8,40), жесткость соответствует категории «мягкая», что близко к данным табл. 2. Содержание фтора практически не изменилось $(0.081-0.099 \text{ мг/дм}^3)$ в нижнем бьефе Енисея и в его воде на территории Южно-Минусинской котловины и ее горном обрамлении (табл. 2). Здесь же нами обнаружены очень низкие концентрации микроэлементов и железа (мкг/дм³): Sr - 65 - 74, Ba - 6 - 13, Fe - 5 - 16, Cu - 1 - 5, Zn - 1-3.

Таблица 2 Анионно-катионный состав воды рек (мг/дм³)

Реки*,	рН		Aı	нионы			Катионы					Минера-
№ п/п		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ -	Cl-	SO ₄ ²⁻	F-	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al^{3+}	лизация
		I. Река I	Енисей и е	е прито	оки в пр	ределах	к горной	і́ тайги 8	300–100	0 м у.м.		
1	8,14	_**	67,77	2,77	0,07	0,07	17,2	3,73	0,39	0,24	0,045	92,93
2	8,14	_	69,79	1,53	0,07	0,12	16,8	3,72	0,38	0,51	0,041	77,0
3	8,02	_	58,89	0,42	0,06	0,11	12,8	3,83	0,40	0,46	0,044	92,33
Среднее	8,10	_	65,48	1,57	0,07	0,10	15,6	3,76	0,39	0,41	0,043	87,52
	* M _{0,088} ** HCO ₃ 91Cl5 / Ca70Mg24											
II. Притоки р. Енисей низкогорного предгорья 600–800 м у.м.												
4	8,17	_	84,18	3,5	0,07	0,34	22,4	3,601	1,564	0,37	0,060	116,09
5	8,18	_	86,00	4,34	0,07	0,14	22,82	3,766	1,955	0,842	0,059	119,99
6	7,79	_	84,41	4,90	0,06	0,18	22,45	3,915	2,346	0,448	0,057	118,77
7	8,1	_	59,02	2,11	0,06	0,12	11,92	4,733	0,391	0,803	0,028	79,19
Среднее	8,19	_	78,4	3,71	0,07	0,19	19,9	4,01	1,564	0,616	0,051	108,51
				*M ₀ ,10	HCO ₃	91Cl8	/ Ca72N	1g24				
		оки пра	вобережь							300-5	00 м у.м	
8	9,05	8,4	233,23	5,18	0,29	0,56	31,99	25,94	0,78	9,66	0,077	316,11
9	9,71	14,4	300,15	10,08	0,13	0,39	48,17	30,49	1,96	15,87	0,123	421,76
10	9,13	6,6	210,40	8,61	0,25	0,38	43,14	15,92	1,56	9,20	0,112	296,17
11	8,55	_	189,56	5,18	0,09	0,17	43,60	11,91	0,78	1,40	0,049	252,74
Среднее	9,36	7,35	233,3	7,26	0,19	0,38	41,73	21,07	1,27	9,03	0,09	321,71
			*N	10,322 **	HCO ₃ 9	5Cl 15	/ Ca49N	Ig41Na9				
	IV.	Река Ен	исей и пр	итоки є	ее левоб	ережь	я степно	ой равни	ны 300-	-450 м з	y.M.	
12	8,96	2,80	212,19	21,39	21,79	0,19	57,89	14,09	0,941	7,55	0,114	339,45
13	7,33		61,92	2,57	4,87	0,09	17,59	2,94	0,58	2,51	0,031	93,11
14	8,29	3,00	219,67	4,679	19,2	0,21	55,91	12,45	0,94	10,66	0,078	326,51
15	8,14		154,29	12,24	22,57	0,23	41,05	11,25	0,99	7,25	0,157	250,04
Среднее	8,18		162,02	10,22	17,11	0,18	43,11	10,18	0,86	6,99	0,95	252,28
			*M _{0'252}	** HC	O ₃ 78SC	0 ₄ 12 Cl	9 / Ca62	2Mg26 N	Ja11			

Примечание: * формула Курлова, ** – не обнаружено.

Озера. Происхождение озер связано с тектоническими процессами, а также с карстовыми явлениями в отложениях ямкинской свиты. Для них характерна небольшая глубина и сочетание атмосферного и подземного питания. Наиболее мелководное из них озеро Трехозерки, которое сильно разливается весной, а летом усыхает и делится на несколько более мелких озерков.

Минерализация воды в озерах меняется от пресных менее 0,8 до рассолов 150 г/дм³. Соответственно изменяется и анионно-катионный состав - от гидрокарбонатного кальциевого до хлоридного натриевого (табл. 3). Формирование солевого состава озер в большой мере обусловлено природно-климатическими факторами, когда в условиях степей главная роль отводится испарительной концентрации и осадка солей осуществляется в зависимости от их растворимости. Немаловажное значение при этом имеет подпитка озер подземными водами, их солевым составом и глубина озер, что влияет на разбавление растворов. При испарении концентрация химических элементов в воде повышается, и в первую очередь в осадок выпадают наименее растворимые соли – карбонат кальция и магния (СаСО₂, MgCO₂), оставаясь в незначительном количестве в растворе, далее осаждаются сульфаты – гипс (CaSO₄·2H₂O). В растворе остаются хлориды $Na^+, \dot{K}^+, M\bar{g}^{2+},$ соли которых при определенных условиях концентрации также могут осаждаться. Галогенез в континентальных озерах детально рассматривается в [8].

Наибольшее содержание Г- обнаружено в солоноватых озерах, которое в отдельные годы (в зависимости от засушливости сезона) может достигать 4,6 мг/дм³ (оз. Новотроицкое). Главной причиной повышенного содержания элемента в минерализованных озерах является щелочная, гидрокарбонатная среда. которая способствует миграции его из водовмещающих пород и удерживанию в подвижной ионной форме. Воды характеризуются щелочной средой и высоким содержанием натрия, относительно низким – кальция. В таких водах количество фтора увеличивается с ростом их минерализации [9]. Еще более высокий уровень концентрации Г- отмечен в относительно стабильных и периодически высыхающих озерах Юго-Восточного Забайкалья. Так, в озере Хара-Нур (степи Даурии) содержится 10 мг/дм^3 фтора, 3ун-Торей - 10,2, Норин-Булик – 4,3.

Уровень концентрации $A1^{3+}$ в озерах невысокий, меняется в пределах от 0,05 до 0,135 мг/дм³ (при ПДК — 0,5 мг/дм³), и лишь в рассоле озера Трехозерки он повышен и составляет 1,79 мг/дм³. Озера Юго-Восточного Забайкалья менее различаются между собой по данному показателю (0,11–0,13 мг/дм³).

Таблица 3 Анионно-катионный состав воды озер (мг/дм³)

Озе-	рН	Анионы					Катионы					Минера-
ра*, № п/п		CO ₃ ²⁻	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F-	Ca ²⁺	Mg^{2+}	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	лизация
І. Пресные												
1	7,90	_	113,45	13,85	15,84	0,40	16,02	4,54	1,96	31,51	0,050	197,62
2	7,34	_	250,18	17,73	22,08	0,40	52,31	15,16	5,63	23,55	0,096	387,14
3	8,57	4,8	273,37	58,14	230,4	0,70	41,62	31,02	2,15	146,60	0,135	788,94
Сред-	7,94	1,6	212,33	29,91	89,44	0,50	36,65	16,91	3,25	67,22	0,094	457,90
нее												
				*M _{0'458} *	** HCO ₃ 5	7 SO ₄ 30) / Na47	Ca29M	g23			
					II. C	олонов	атые					
4	9,65	587,00	2371,65	3465,11	2847,88	2,28	10,42	186,02	12,50	4392,32	0,061	13875,24
5	9,28	96,00	602,71	579,95	853,28	2,38	60,14	85,69	7,43	846,77	0,072	3134,42
6	8,67	36,48	488,17	462,91	295,19	1,30	26,12	40,92	5,84	526,77	0,081	1883,78
7	9,06	130,00	800,25	521,14	548,16	4,60	32,25	32,82	11,04	844,20	0,108	2923,87
Сред-	9,17	212,37	1065,70	1257,28	1136,13	2,47	32,23	86,36	9,20	1652,52	0,081	5454,33
	M _{5,455} ** Cl 42HCO ₃ 29SO ₄ 28 / Na89											
						. Pacco	ЛЫ					
8	7,73	540	5978	82360	7500	0,092	390	14940	243	30747,99	1,79	142699,26
				*M ₁	** C	1 89SO ₄	6 / Na5	2Mg47				

Таблица 4

Анионно-катионный состав подземных вод (мг/дм³)

No	рН	Анионы					Катионы					Минера-
п/п		CO ₃ ²⁻	HCO ₃	Cl-	SO ₄ ²⁻	F-	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	лизация
Грунтовая вода колодцев (4–4,5 м), n = 5												
1	8,14	-	352,31	49,84	110,33	0,81	18,65	10,73	0,89	178,85	0,038	722,45
	*M _{0'722} ** HCO ₃ 61SO ₄ 24 Cl 14 F0,45 / Na81Ca10Mg9											
			Гру	нтовая	вода негл	убоких	скважі	ин (8–9	м), n =	9		
2	8,05	3,6	354,95	87,29	225,01	1,16				195,74	0,086	945,46
			*M ₀ ?	945 ** H	CO ₃ 44SO	₄ 35 Cl 1	19 F0,5	/ Na650	Ca20Mg	g15		
			Гр	унтовая	н вода гра	вийног	о карье	ра (18 м	n = 3	3		
3	8,58	1	196,27	9,59	21,47	1,10	20,87	16,56	1,41	35,09	0,053	302,33
	*M _{0'302} ** HCO ₃ 81SO ₄ 11 Cl 8F1 / Na65Ca20Mg15Al 0,25											
	Глубинная вода скважин (> 20 м), n = 13											
5	7,63		267,85	37,88	36,13	0,30	65,08	18,5	3,14	26,13	0,11	455,12
			*M _{0'455} *	* HCO ₃	70 Cl 18	SO ₄ 13 I	F0,3 / Ca	a54Mg2	25 Na19	Al 0,2		

Подземные воды. Подземными являются воды, находящиеся в земной толще ниже поверхности земли. Подземная гидросфера связана с поверхностной вследствие водообмена в течение всей геологической истории Земли. Выделяется два основных типа подземных вод: грунтовые и напорные.

Грунтовые воды формируются в первом водоносном слое и имеют свободную связь с поверхностью, поэтому в них отсутствует напор, а уровень воды находится там, на какой глубине они вскрыты. Грунтовые воды пополняются за счет атмосферных осадков или поверхностных вод (рек, озер, прудов) находясь с ними во взаимосвязи.

Воды, находящиеся ближе к дневной поверхности, отличаются большей минерализацией по сравнению с ниже залегающими слоями (табл. 4). Первые, повышенной минерализации, характеризуются сульфатно-гидрокарбонатным натриевым или кальциево-натриевым составом. Вторые, средней минерализации — гидрокарбонатные кальциево-натриевые.

Подземные воды исследовались в скважинах питьевого и хозяйственного использования с. Новоенисейка, расположенного на левом берегу, круто обрывающемся к руслу р. Енисей. Водоносные горизонты представлены аллювиальными отложениями четвертичного периода, которые для всех крупных рек являются основным источником водоснабжения городов Абакана, Черногорска, Саяногорска и ряда других, более мелких, населенных пунктов [10]. Подземные воды, вскрытые скважинами в с. Енисейка, среднеминерализованные,

гидрокарбонатные магниево-кальциевые, среднежесткие (4, 77 ммоль/дм³). По содержанию основных ингредиентов исследуемые воды (табл. 4) близки к обобщенным сведениям химического состава водоносных четвертичных отложений территории Хакасии (рН 7,73 у.е.; НСО₃ 254 мг/дм³; СІ 65,9; SO₄ 99,1; Са 56,6; Mg 23 при бщ. Ж 4,79 ммоль/дм³) [10].

Заключение

Установлено, что изменения химического состава водных объектов связаны, прежде всего, с природными особенностями территории. При движении от гор к предгорью минерализация воды рек постепенно возрастает. Содержание F-и Al³⁺ также закономерно повышается, оставаясь в пределах нормы. Общий состав воды – гидрокарбонатный магниево-кальциевый. Минерализация воды в озерах меняется от пресных до рассолов. Соответственно изменяется и анионно-катионный состав от гидрокарбонатного кальциевого (пресные озера) до хлоридного натриевого (рассолы). Содержание фтора увеличивается соответственно от 1,3 до 4,6 мг/дм³. Глубинные воды средне минерализованные, гидрокарбонатные магниево-кальциевые, средне жесткие $(4,77 \text{ ммоль/дм}^3)$, отличаются стабильно низким содержанием $F^{-}(0,20-0,23 \text{ мг/дм}^{3})$.

Содержание фтора в грунтовых водах территории удаленной от заводов ОАО «РУСАЛ Саяногорск» близко к оптимальному уровню. Как правило, это неглубокие колодцы и скважины (до 9 м), с концентрацией элемента от 0,67 до 1,3 мг/дм³.

Список литературы

- 1. РД 52.24.353-94. Отбор проб вод суши и очищенных сточных вод. 14 с.
- 2. Антипов А.Н., Корытный Л.М. Географические аспекты гидрологических исследований (на примере речных систем Южно-Минусинской котловины). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. 177 с.
- 3. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометео-издат, 1970. 442 с.
- 4. Никаноров А.М. Гидрохимия. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 351 с.
- 5. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования.
- 6. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». М., 2010. 214 с.
- 7. Пономарева Ю.А. Химичекий состав и структура фитопланктона в нижнем бьефе Красноярской ГЭС // Вестн. КрасГАУ. 2013. N2 7. С. 183-188.
- 8. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
- 9. Крайнов С.Р., Петрова Н.Г. Фтороносные подземные воды, их геохимические особенности и влияние на биогеохимические процессы // Геохимия. -1976. -№ 10. -C. 15-33.
- 10. Дутова Е.М., Покровский В.П., Покровский В.Д. Геохимические особенности подземных вод хозяйственнопитьевого назначения республики Хакасия // Вестн. Томского гос. ун-та. -2015. -№ 394. C. 239–249.

References

- 1. RD 52.24.353-94. Otbor prob vod sushi i ochishhennyh stochnyh vod. 14 p.
- 2. Antipov A.N., Korytnyj L.M. Geograficheskie aspekty gidrologicheskih issledovanij (na primere rechnyh sistem Juzhno-Minusinskoj kotloviny). Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1981. 177 p.
- 3. Alekin O.A. Osnovy gidrohimii. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 442 p.
- 4. Nikanorov A.M. Gidrohimija. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 351 p.
- 5. GN 2.1.5.689-98. Predelno dopustimye koncentracii (PDK) himicheskih veshhestv v vode vodnyh obektov hozjajstvenno-pitevogo i kulturno-bytovogo ispolzovanija.
- 6. Prikaz Federalnogo agentstva po rybolovstvu ot 18.01.2010 no. 20 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnyh ob#ektov rybohozjajstvennogo znachenija, v tom chisle normativov predelno dopustimyh koncentracij vrednyh veshhestv v vodah vodnyh obektov rybohozjajstvennogo znachenija». M., 2010. 214 p.
- 7. Ponomareva Ju.A. Himichekij sostav i struktura fitoplanktona v nizhnem befe Krasnojarskoj GJeS // Vestn. Kras-GAU. 2013. no. 7. pp. 183–188.
- 8. Glazovskaja M.A. Geohimija prirodnyh i tehnogennyh landshaftov. M.: Vyssh. shk., 1988. 328 p.
- 9. Krajnov S.R., Petrova N.G. Ftoronosnye podzemnye vody, ih geohimicheskie osobennosti i vlijanie na biogeohimicheskie processy // Geohimija. 1976. no. 10. pp. 15–33.
- 10. Dutova E.M., Pokrovskij V.P., Pokrovskij V.D. Geohimicheskie osobennosti podzemnyh vod hozjajstvenno-pitevogo naznachenija respubliki Hakasija // Vestn. Tomskogo gos. unta. 2015. no. 394. pp. 239–249.

УДК 556.531(282.25)

МАРГАНЕЦ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ИРТЫШ

Дударева И.А., Алимова Г.С., Токарева А.Ю.

Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук (TKHC УрО РАН), Тобольск, e-mail: sovet29@rambler.ru

Атомно-эмиссионным методом определено валовое содержание Мп в поверхностной воде и донных отложениях нижнего течения реки Иртыш. Показана сезонная динамика пространственного распределения валовых концентраций Мп в донных отложениях, представлены коэффициенты вариации признака. Установлено, что в сезонной динамике Мп имеет характерные закономерности распространения в компонентах водной экосистемы. Установлено, что содержание Мп в воде по всему исследуемому участку нижнего течения р. Иртыш превышает предельно допустимую концентрацию в 9...20 раз. Подтверждена положительная сильная корреляция между цветностью и концентрацией марганца в воде. Отмечены сезонные тенденции минимального и максимального накопления Мп в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш. Наибольшая нагрузка приходится на осенний и весенний периоды исследований. Коэффициенты вариации Мп в донных отложениях подтверждают симметрию малых рядов выборки, как по сечению, так и по прогяжению реки. Полученные значения коэффициентов вариации менее 10% свидетельствуют о слабой изменчивости признака. Рассчитанные кларки концентрации Мп меньше 1, что может говорить о рассеивании элемента в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш.

Ключевые слова: нижнее течение р. Иртыш, вода природная поверхностная, донные отложения, марганец, коэффициент вариации, кларк концентрации

MANGANESE IN WATER AND SEDIMENTS OF THE LOWER REACHES OF THE IRTYSH RIVER

Dudareva I.A., Alimova G.S., Tokareva A.Yu.

Tobolsk complex scietific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (TCSS UB RAS), Tobolsk, e-mail: sovet29@rambler.ru

Atomic-emission method determined total contents of Mn in the natural surface water and bottom sediments of the lower reaches of the Irtysh river. Shows the seasonal dynamics of the spatial distribution of gross concentrations of Mn in the bottom sediments, represented by the coefficients of variation of the characteristic. It is established that the seasonal dynamics of Mn has a characteristic pattern of distribution in components of aquatic ecosystems. The content of Mn in the water around the test section of the lower reaches of Irtysh river exceeds maximum permissible concentration in 9 ... 20 times. Confirmed positive strong correlation between hue and concentration of manganese in the water. Marked seasonal trends in minimum and maximum accumulation of Mn in bottom sediments of the lower reaches of the river Irtysh. The greatest burden falls in the autumn and spring periods of study. The coefficients of variation Mn in bottom sediments confirm the symmetry of the small ranges of the sample, as the cross section and the length of the river. The obtained values of coefficients of variation less than 10% indicate weak variability of the characteristic. Clarke calculated the concentration of Mn is less than 1, which can speak for the dispersion element in bottom sediments of the lower reaches of the river Irtysh.

Keywords: lower reaches of the river Irtysh, the natural surface water, bottom sediments, manganese, coefficient of variation, Clark concentration

Марганец – один из наиболее значимых микроэлементов, необходимый для жизнедеятельности всех организмов, но повышенное содержание марганца в объектах окружающей среды и в рационе питания может приводить к йоддефицитным заболеваниям [1]. Марганец относится к одним из наиболее распространенных элементов в земной коре, его кларк в литосфере составляет 1000 мг/кг [2]. Данный элемент отличается высокой лабильностью и способен легко переходить в воду, вследствие чего его миграция в водные объекты высокая как за счет прямых поступлений, так и за счет опосредованных вторичными факторами, например кислотными осадками [3]. К прямым поступлениям марганца в поверхностные воды относят сточные воды металлургических заводов, предприятий химической промышленности [2]. Значительные количества марганца поступают в природную поверхностную воду в процессе разложения водных животных и растительных организмов [4]. Соединения марганца являются одним из основных загрязнителей многих рек Российской Федерации, в том числе и р. Иртыш [5]. Иртыш – трансграничная река, протекает через Китай - Казахстан - Российскую Федерацию, является главным источником хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, рыбного промысла, основной артерией судоходных путей.

К настоящему времени один из основных принятых способов оценки состояния природных поверхностных вод — это сравнение валовых концентраций загрязняющих элементов и веществ с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Содержание марганца в воде зависит и от химического состава природных вод (водородный показатель, цветность и др.).

На территории бассейна р. Иртыш наиболее изучено распределение элементов, в частности марганца, в природных объектах – воде и донных отложениях (ДО) в его среднем течении [5]. Одним из экогеологических коэффициентов, на основе которого можно провести предварительную оценку валового накопления конкретного элемента в ДО, является кларк концентрации, представляющий собой отношение концентрации элемента в ДО к его среднему содержанию в литосфере.

Цель работы — исследование сезонной динамики валового содержания Мп, его пространственного распределения и накопления в воде и донных отложениях (ДО) нижнего течения р. Иртыш, определение кларков концентрации Мп по исследуемым створам.

Материалы и методы исследования

Отбор образцов проб воды и донных отложений в нижнем течении р. Иртыш проведен в шести станциях — на участке от села Абалак Тобольского района до села Горнослинкино Уватского района Тюменской области в 2015 г. (рис. 1). Длина реки Иртыш в пределах рассматриваемой территории составила 163 км. Отбор выполнен в период весенне-летнего половодья (май — сентябрь) 2015 г. из верхнего слоя донных отложений до глубины 10 см с помощью специального пробоотборника с площадью сечения 36 см². На каждой станции производили шесть выемок грунта — не менее двух с магистрального русла (М.Р.), левого (Л.Б.) и правого (П.Б.) берегов [6].

Анализ воды и ДО проведен по стандартным методикам. Определение валового содержания марганца проведено атомно-эмиссионным методом на спектрометре ОРТІМА-7000 DV по ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 – в воде и по ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 – в ДО в лаборатории экотоксикологии ТКНС УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516420 от 04 марта 2011 г.). Определение цветности воды по РД 52.24.497-2005.

Результаты анализов обрабатывали математически с помощью программы *Microsoft Excel* с вычислением среднего

арифметического значения (\overline{X}) , его стандартного отклонения (SD). Значение заданной доверительной вероятности P=0,05. Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена с помощью программы «Statisticav 6.0 StatSoft».

При исследовании равномерности распределения Мп в ДО по створам в сезонной динамике использовали коэффициент вариации (СV,%). Он позволил сравнить изменчивость признака по длине реки и ее сечению. Известно, что при сильно асимметричных рядах распределения СV может достигать 100%. Условно принято, что коэффициент вариации меньше 10% свидетельствует об относительно слабой изменчивости признака (слабое варьирование), 10–20% — средней (среднее варьирование), более 20% — сильной (значительное, сильное варьирование).

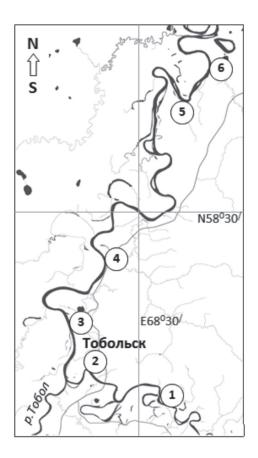


Рис. 1. Карта-схема створов отбора проб воды и донных отложений в нижнем течении р. Иртыш вблизи населенных пунктов: 1 — село Абалак, Тобольский район, 2 — деревня Бизино, Тобольский район, 3 — г. Тобольск, речной порт, 4 — деревня Медведчиково, Тобольский район, 5 — Научно-исследовательский стационар «Миссия» ТКНС УрО РАН, Уватский район, 6 — село Горнослинкино, Уватский район [6]

Кларк концентрации марганца определяется по формуле

$$K_{K} = \frac{X}{K}$$

где X — концентрация Мп в ДО, мг/кг; K = 1000 мг/кг — кларк, среднее содержание в литосфере [3].

Результаты исследования и их обсуждение

В поверхностных водах марганец (до 98% валового содержания) содержится во взвешенной форме (в степени окисления +4). В растворенной форме марганец (в степени окисления +2) присутствует в природных водах, обедненных кислородом. По данным [6] концентрация кислорода в водах нижнего течения р. Иртыш находится в пределах 7,5...8,2 мг/дм³ и реакция среды слабощелочная. Предельно допустимая концентрация марганца в воде составляет 10 мкг/дм³ [6]. На всех створах наблюдается высокое содержание соединений марганца в воде (рис. 2).

Максимальные концентрации марганца в воде обнаружены в створе 5: 14,5 ПДК — по руслу, 22,5 ПДК — по левому берегу и 24 ПДК — по правому берегу реки; в створе 4 — 23,7 ПДК — по левому берегу; в створе 6 — от 12,1 до 18,2 ПДК. В створах 1—3 содержание марганца в воде превышает ПДК в среднем в 10,7 раз по сечению реки (рис. 2). Высокие значения марганца в природной поверхностной воде р. Иртыш могут быть обусловлены и увеличением средних

значений минерализации до 212 мг/дм³ [6]. На содержание марганца в природных водах также влияют и некоторые гидрохимические показатели воды, например цветность. На рис. 3 показано среднее содержание марганца в воде и градус цветности поверхностных вод нижнего течения р. Иртыш. Полученные данные подтверждают положительную сильную корреляцию (коэффициент корреляции Спирмена $r_s = 0.83$, p = 0.04) между цветностью и концентрацией марганца в воде.

В целом по содержанию и распределению Мп в воде и ДО наблюдается общая закономерность, заключающаяся в повторении меандры реки. Левый берег Иртыша пологий, здесь скорость течения затормаживается, взвешенные вещества, а с ними и металлы оседают на дно. Правый берег обрывистый, скорость течения выше, сильнее происходит взмучивание ДО, металл мигрирует в воду вместе с взвешенными веществами [7]. Это просматривается и в сезонном аспекте, что подтверждается данными исследований ДО, представленными в таблице. В ней отражено продольное и поперечное, а также сезонное распределение Мп.

У большинства створов, левое правобережье накапливает марганец в ДО в весеннее половодье, а в створах 1–3 по левому берегу – и осенью.

За весь изучаемый период максимальная нагрузка зафиксирована в створе 1.

Уровень валового содержания Mn по руслу реки выше, чем у берегов, на 80...150 мг/кг.

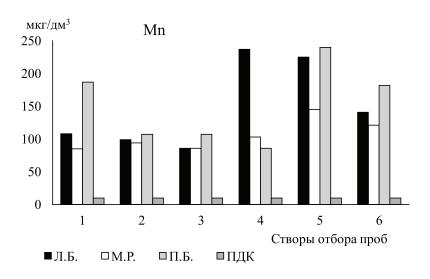


Рис. 2. Среднее содержание марганца (за май – сентябрь 2015 г.) в поверхностных водах нижнего течения р. Иртыш («Л.Б.» – левый берег, «М.Р.» – магистральное русло, «П.Б.» – правый берег)

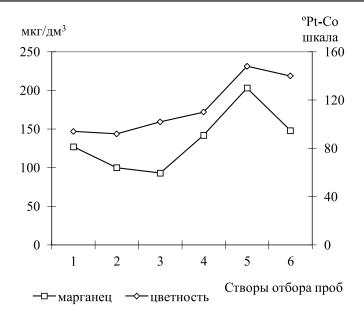


Рис. 3. Среднее содержание марганца (мкг/дм³) в воде и градус цветности ($^{\circ}$ Pt-Co шкала) поверхностных вод нижнего течения р. Иртыш

Валовое содержание Mn (мг/кг) в ДО, \overline{X} ± SD (n = 3; P = 0,05), среднее содержание \overline{X} за период отбора (по вертикали) и по длине (по горизонтали) исследуемого участка нижнего течения р. Иртыш, кларк концентрации

Точка от-	Сезон отбора	Створ								
бора проб	проб	1	2	3	4	5	6	\bar{X}		
<u> </u>	Весна	333 ± 2	479 ± 0	391 ± 0	141 ± 0	250 ± 0	270 ± 1	311		
ebe	Лето	348 ± 0	248 ± 1	264 ± 3	202 ± 1	153 ± 0	102 ± 1	220		
Й б	Осень	691 ± 2	454 ± 0	452 ± 0	192 ± 1	52 ± 0	116 ± 1	326		
Левый берег	\overline{X}	457	394	369	179	152	162	286		
5	K _K	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0.3		
.,	Весна	305 ± 0	432 ± 0	64 ± 1	161 ± 1	419 ± 2	323 ± 1	284		
Пад	Лето	287 ± 0	315 ± 2	394 ± 0	158 ± 1	364 ± 1	347 ± 2	311		
crp by(Осень	109 ± 0	135 ± 1	468 ± 3	234 ± 0	72 ± 0	987 ± 7	334		
Магистраль- ное русло	\overline{X}	234	294	309	184	285	553	310		
2	$K_{_{K}}$	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,6	0.3		
er	Весна	211 ± 1	261 ± 1	116 ± 0	280 ± 1	122 ± 0	250 ± 1	207		
	Лето	229 ± 0	194 ± 1	97 ± 1	254 ± 0	201 ± 1	217 ± 1	199		
ЛЙ	Осень	98 ± 0	107 ± 1	89 ± 0	217 ± 1	205 ± 1	70 ± 0	131		
Правый берег	\overline{X}	179	187	101	250	176	179	179		
	K _K	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0.2		
\overline{X} по сечению реки		290	292	260	204	204	298	258		

Максимум его концентрации отмечается в створе 6. ДО русла реки представляют собой суглинки, суглинки илистые, с преобладанием фракции глинистых частиц в гранулометрическом составе. Коэффициент корреляции Спирмена для фракции глинистых частиц с Мп составляет 0,8, чем и об-

условлено наибольшее накопление металла в ДО русла реки [8]. Содержание элемента в среднем по сечению реки имеет близкие значения — в среднем 260 мг/кг. Вариация содержания марганца в ДО нижнего течения р. Иртыш свидетельствует о слабой изменчивости признака. По протяжению

реки коэффициент варьирования меняется: от 0,01% (М.Р.) до 0,34% (Л.Б.) — весной; от 0,23% (П.Б.) до 0,34% (Л.Б.) — летом; от 0,40% (П.Б.) до 0,70% (Л.Б.). По сечению вариация имеет следующие значения: минимум — 0,11% (створ 1) и максимум — 0,75% (створ 3) — весной; 0,17—0,18% (створ 1, 5) и 0,48% (створ 3) — летом; 0,08% (створ 4) и 1,10% — осенью соответственно. Таким образом, коэффициенты варьирования незначительны, но все же содержание Мп изменяется по створам, особенно это заметно в поперечном сечении реки — от прибрежной зоны к стрежню.

Кларки концентрации, рассчитанные для марганца в ДО по створам в нижнем течении р. Иртыш, не превышают среднего содержания в земной коре ($K_{\rm K}$ < 1). То есть, возможно, окисление и осаждение марганца (+2) протекает довольно медленно и происходит рассеивание элемента в ДО (таблица) [2].

Выводы

Содержание Мп в воде по всему исследуемому участку нижнего течения р. Иртыш превышает ПДК в 9...20 раз. Подтверждена положительная значимая корреляция между цветностью и концентрацией марганца в воде.

Отмечены сезонные тенденции минимального и максимального накопления Мп в ДО нижнего течения р. Иртыш. Наибольшая нагрузка приходится на осенний и весенний периоды исследований.

Коэффициенты вариации Мп в ДО подтверждают симметрию малых рядов выборки, как по сечению, так и по протяжению реки. Полученные значения CV<10% свидетельствуют о слабой изменчивости признака.

Рассчитанные кларки концентрации Mn меньше 1, что может говорить о рассеивании элемента в ДО нижнего течения р. Иртыш.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0019 «Миграционные процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обы-Иртышского бассейна».

Список литературы

1. Кашин В.К., Иванов Г.М., Корсунов В.М. Марганец в абиотических компонентах и растениях ландшафтов За-

- бакайлья / В.К. Кашин, Г.М. Иванов, В.М. Корсунов // Сибирский экологический журнал. -2008. № 2. С. 263—271.
- 2. Шигабаева Г.Н., Ахтырская Е.О. Корреляционный анализ содержания тяжелых металлов в донных отложениях / Г.Н. Шигабаева, Е.О. Ахтырская // Известия МГТУ «МАМИ». 2014. Т. 3. № 2(20). С. 55–59.
- 3. Моисеенко Т.И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология / Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина; Ин-т вод. проблем РАН. М.: Наука, 2006. 261 с.
- 4. Коган Р.М., Рыжкова Л.О. Исследование форм нахождения природных загрязнителей в поверхностных водах р. Бира / Р.М. Коган, Л.О. Рыжкова // Региональные проблемы. 2010. Т. 13, № 2. С. 86–91.
- 5. Бобренко Е.Г., Бобренко М.И. Оценка трансграничного загрязнения реки Иртыш марганцем // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф.: в 6 частях. Министерство образования и науки Российской Федерации, 2014. С. 24–26.
- 6. Гидрохимия поверхностных вод и видовой состав макрозообентоса нижнего течения р. Иртыш / Г.С. Алимова [и др.] // Вода: химия и экология. 2014. № 5(71). С. 27–34.
- 7. Чемагин А.А. Современное экологическое состояние реки Иртыш в нижнем течении: дис.... канд. биол, наук. Тюмень, 2015.-231 с.
- 8. Содержание металлов в донных отложениях реки Иртыш / Земцова Е.С. [и др.] // Естественные и технические науки. 2014. N2 9—10 (77). C. 54—56.

References

- 1. Kashin V.K., Ivanov G.M., Korsunov V.M. Marganec v abioticheskih komponentah i rastenijah landshaftov Zabakajlja / V.K. Kashin, G.M. Ivanov, V.M. Korsunov // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. 2008. no. 2. pp. 263–271.
- 2. Shigabaeva G.N., Ahtyrskaja E.O. Korreljacionnyj analiz soderzhanija tjazhelyh metallov v donnyh otlozhenijah / G.N. Shigabaeva, E.O. Ahtyrskaja // Izvestija MGTU «MAMI». 2014. T. 3. no. 2(20). pp. 55–59.
- 3. Moiseenko T.I. Rassejannye jelementy v poverhnostnyh vodah sushi: Tehnofilnost, bioakkumuljacija i jekotoksikologija / T.I. Moiseenko, L.P. Kudrjavceva, N.A. Gashkina; In-t vod. problem RAN. M.: Nauka, 2006. 261 p.
- 4. Kogan R.M., Ryzhkova L.O. Issledovanie form nahozhdenija prirodnyh zagrjaznitelej v poverhnostnyh vodah r. Bira / R.M. Kogan, L.O. Ryzhkova // Regionalnye problemy. 2010. T. 13, no. 2. pp. 86–91.
- 5. Bobrenko E.G., Bobrenko M.I. Ocenka transgranichnogo zagrjaznenija reki Irtysh margancem // Obrazovanie i nauka: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 6 chastjah. Ministerstvo obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii, 2014. pp. 24–26.
- 6. Gidrohimija poverhnostnyh vod i vidovoj sostav makrozoobentosa nizhnego techenija r. Irtysh / G.S. Alimova [i dr.] // Voda: himija i jekologija. 2014. no. 5(71). pp. 27–34.
- 7. Chemagin A.A. Sovremennoe jekologicheskoe sostojanie reki Irtysh v nizhnem techenii: dis.... kand. biol, nauk. Tjumen, 2015. 231 p.
- 8. Soderzhanie metallov v donnyh otlozhenijah reki Irtysh / Zemcova E.S. [i dr.] // Estestvennye i tehnicheskie nauki. 2014. no. 9–10 (77). pp. 54–56.

УДК 581.89:551.9(519 + 520)

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ НА РУБЕЖЕ ПЛЕЙСТОЦЕНА-ГОЛОЦЕНА

Евстигнеева Т.А.

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru

Изучены пыльца и споры из донных отложений южной части Японского моря. Выявлена реакция растительности на климатические события рубежа плейстоцена-голоцена. Около 25 тыс. л.н значительные территории Корейского п-ова и о. Хонсю покрывали темнохвойные леса, состоящие из Abies, Picea, Pinus. Большие площади занимали ксерофитные луга. Климатические условия были значительно холоднее и суще, чем в настоящее время. После 13 тыс. л.н. бореальные леса постепенно замещаются листопадными широколиственными лесами, состоящими из Quercus и Fagus. Климат стал более влажный и теплый. Резких похолоданий в это время в районе исследования зафиксировано не было. О нестабильных климатических условиях этого времени свидетельствует значительный процент тератоморфных пыльцевых зерен сосен.

Ключевые слова: пыльца, споры, донные отложения, плейстоцен-голоцен, Япония, Корея

VEGETATION OF THE SOUTHERN COAST OF THE SEA OF JAPAN NEAR THE BOUNDARY OF THE PLEISTOCENE-HOLOCENE

Evstigneeva T.A.

Federal Scientific Center of the East Asia terrestrial biodiversity FEB RAS, Vladivostok, e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru

The pollen and spores from bottom sediments of the Sea of Japan were studied. Reaction of vegetation to climatic events of a boundary of a pleistocene-holocene is revealed. Dark-coniferous forests consist of Abies, Picea, Pinus covered considerable territories of the Korean peninsula and Honshu about 25 ka. Meadows occupied considerable territories Climatic conditions were much colder and dry than now. After 13 ka boreal forest are gradually replaced by the deciduous broad-leaved trees consist of Quercus μ Fagus. The climate becomes more wet and warm. Sharp cold snaps around a research haven't been recorded. The considerable percent the unusual of pollen grains of pines testifies to unstable climatic conditions of this time.

Keywords: pollen, spores, bottom sediments, pleistocene-holocene, Korea, Japan

Рубеж плейстоцена-голоцена (позднеледниковье) характеризуется крайне неустойчивым климатом. Потепления (бёллинг и аллерёд) прерывались чередой резких и глубоких похолоданий (дриас I, ÎI, III), которые в свою очередь оказали влияние на смену типов растительности. Проследить такие перемены позволяет палинологическая летопись, сохранившаяся в осадках. При этом детальность и достоверность полученных данных во многом зависят от непрерывности изученного разреза и его мощности. По этой причине морские отложения из районов с относительно высокими скоростями осадконакопления, как объект исследования, представляют особый интерес. Реконструкция событий, которые произошли в это время, позволяет лучше понять процесс перехода от одной части климатического цикла к другому, т.е. от ледниковой эпохи к межледниковой.

Исследования пыльцы и спор из донных отложений в Японском море проводятся давно и плодотворно. Однако палинологически наиболее изученными оказались отложения северо-западной части моря.

Вместе с тем голоценовые осадки из южной части моря, для которой характерны высокие скорости осадконакопления, до сих пор оставались малоизученными.

Ежегодно растения продуцируют огромное количество пыльцы и спор. Большая часть их после своего созревания оказывается в воздухе и рассеивается на расстояния, измеряемые от десятков метров до сотен километров. Постепенно пыльца и споры оседают и становятся одним из компонентов формирующихся континентальных или морских отложений. Внешняя оболочка микроспор обладает особой стойкостью и может сохраняться в отложениях миллионы лет. В ископаемом виде минерализованные в той или иной степени пыльца и споры представляют собой оболочки с характерными морфологическими признаками, позволяющими определить, к какому семейству, роду или виду растения они принадлежали. В морских донных осадках пыльца и споры являются аллохтонным компонентом. Они попадают в отложения благодаря воздушным и водным течениям [1]. Исследуемые глубоководные

колонки находятся на расстоянии около 50 км от южного побережья Корейского полуострова и 150 км от юго-западного побережья о. Хонсю (Японские острова). Следовательно, основным поставщиком пыльцы и спор в исследуемые осадки являлась растительность южной части Японских о-вов и Корейского п-ова. В настоящее время территории Корейского п-ова и о. Хонсю южнее 35° с.ш. занимают теплоумеренные леса [2, 3]. В них господствуют вечнозеленые дубы и кастанопсисы. Выше границы вечнозеленых лесов (200-300 м над уровнем моря) и к северу от 35° с.ш. распространены умеренные широколиственные леса. Их господствующими компонентами являются листопадные дубы. На о. Хонсю в этой зоне широко распространены буковые леса и леса из криптомерии. Однако четкой границы между вечнозеленым и листопадным лесом не существует. К северу от 35° с.ш. располагается обширная переходная зона. Леса этой зоны характеризуются значительным видовым разнообразием вечнозеленых и летнезеленых пород. Верхний предел листопадных широколиственных лесов располагается на высотах 1400-1600 м. Над лиственным поясом обычно распространяется хвойный лес из сосны, ели и пихты.

Цель настоящего исследования — на основе палинологического анализа морских донных отложений проследить реакцию растительности на климатические события рубежа плейстоцена-голоцена на южном побережье Японского моря.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужили образцы из колонок, полученных из южной части Японского моря. Колонка J-3 (35°53′с.ш., 130°14′в.д.) поднята с глубины 1400 м, мощность исследованного керна – 562 см. Колонка 1603 (35°55′с.ш., 130°43′в.д.) поднята с глубины 1360 м, мощность исследованного керна – 360 см. Осадки колонок представлены пелитовыми илами [4, 5].

По разрезам получены радиоуглеродные датировки, позволяющие утверждать, что изученные отложения формировались в позднем плейстоцене-голоцене: колонка Ј-3, интервал $295-300\,$ см $-5010\pm70,\,$ интервал $510-512\,$ см $-10100\pm50\,$ л.н.; колонка $1603,\,$ интервал $280-290-15250\pm60\,$ л.н. Дополнительными реперами, имеющими возрастную привязку, служат пепловые прослои, установленные в колонке $1603:\,$ U-Oki

(9.3 тыс.л.н.) на глубине 180 см и K-Ah (6,3 тыс.л.н.) на глубине 128 см.

Извлечение пыльцы и спор из осадков выполнялось с использованием щелочной методики Поста, сепарационной Гричука и ацетолизной методики Эрдтмана. Определение таксономической принадлежности пыльцы и спор осуществлялось с помощью светового микроскопа ZEISS AXIO Lab. A1 (х 400). В каждой пробе подсчитывалось 300—650 зерен пыльцы и спор, в зависимости от насыщенности образца палиноморфами. При просмотре препаратов в качестве среды использовался глицерин.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ палинологических данных позволил выделить в отложениях изученных колонок несколько горизонтов: нижний (колонка 1603, интервал 340–195 см, колонка Ј–3, интервал 562–510 см) и верхний (колонка 1603, интервал 195–0 см, колонка Ј–3, интервал 510–0 см). Возраст нижнего горизонта соответствует плейстоцену, а верхнего – голоцену. В данной работе рассмотрим более подробно палинологическую характеристику самого нижнего горизонта. По изменению содержания основных таксонов нижний горизонт можно подразделить на два интервала.

ледниковый Последний максимум (25,0-15,0 тыс.л.н) - колонка 1603, интервал 340-230 см. Пыльца деревьев представлена в основном хвойными (Abies до 7,4%, Picea до 15,5%, Pinus до 17,7%) и *Betula* (до 16%). Широколиственные таксоны в сумме составляют 15%. В небольших количествах присутствует пыльца Tsuga (до 6%) и Larix (до 2,5%). Встречены единичные зерна пыльцы Cryptomeria, Fagus, Castanea и Castanopsis, Pterocary, Arali, Ilex и Quercus s/g Cyclobalanopsis. Из трав доминирует пыльца *Artemisia* (до 29%) и Сурегасеае (до 15%). Участие спор не превышает 15% (рис. 1). Содержание пыльцы деревьев и пыльцы трав имеют близкие значения. Это свидетельствует о преобладании лесостепного типа растительности на побережье.

Схожие характеристики отмечаются и в одновозрастных отложениях о. Хонсю, южной части Корейского п-ова и в глубоководных колонках, отобранных вблизи Японских о-вов [6–8].

Вероятнее всего, в это время бореальные леса, состоящие из *Abies*, *Picea*, *Pinus*, покрывали значительные территории Ко-

рейского п-ова и о. Хонсю. Леса из Betula и *Larix* имели подчиненное значение. В местах с благоприятным микроклиматом произрастали умеренные широколиственные (Quercus s/g Lepidobalanus, Ulmus, Carpinus, Juglans, Tilia, Fagus, Castanea) и хвойные породы (Tsuga и Cryptomeria), а также некоторые теплолюбивые деревья (Quercus s/g Cyclobalanopsis и Castanopsis). Леса сочетались с обширными безлесными ландшафтами. В составе травянистых растений преобладали Artemisia, Cyperaceae и разнотравье. Уровень Японского моря в это время был на 130 метров ниже современного. Вероятнее всего, свободные участки материкового шельфа были благоприятным местом для развития луговой растительности. Климатические условия были более холодными и сухими, чем в настоящее время.

Позднеледниковый период (15.0–10.0 тыс.л.н.) – колонка 1603, интервал 225–195 см; колонка Ј-3, интервал 562–510 см. Сокращается участие пыльцы *Picea*, *Pinus* и *Betula*. Среди сосновых возрастает доля *Abies*, более теплолюбивого и менее морозоустойчивого растения, чем *Picea* и *Larix*. Одновременно происходит увеличение содержание пыльцы *Quercus*, *Ulmus*, *Juglans*, *Carpinus*, *Tilia*, *Castanea* и *Castanopsis*. Доля пыльцы *Artemisia* и *Cyperaceae* также уменьшается. Участие спор папоротников увеличивается (до 22,5%). Содержание пыльцы деревьев в два раза превосходит процент пыльцы

трав и спор (рис. 1). Это свидетельствует о преобладании лесного типа растительности. Спектры данного интервала свидетельствуют о том, что климат становится более влажным и теплым.

Сходные тенденции изменения содержания пыльцы и спор можно наблюдать и в спорово-пыльцевых спектрах из континентальных отложений южной части Корейского п-ова и о. Хонсю [6–8]. Стоит отметить, что в палиноспектрах о. Хонсю в небольшом количестве присутствует пыльца *Fagus* (до 15%). В изученных колонках она также обнаружена, но ее участие едва достигает 5%. Вероятнее всего, это связано с тем, что она плохо переносится ветром и подавляющая ее часть оседает в местах произрастания растений.

В это время происходит коренная перестройка растительных сообществ побережья. Потепление климата вызвало сокращение площадей хвойных лесов на низменных участках и в предгорьях. Широколиственные породы расширили свои ареалы, распространились к северу и в горные районы. Значительно сократились площади степной растительности. В Японии это время считают началом активного распространения в лесах дуба и бука. Японские палинологи связывают повышение концентрации пыльцы бука в отложениях с возможным увеличением количества атмосферных осадков, так как известно, что бук является влаголюбивым растением.

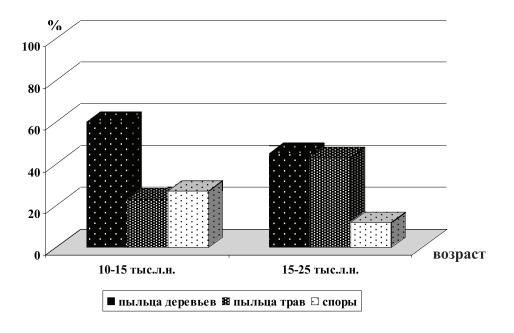


Рис. 1. Средние значения содержания пыльцы основных групп растений в изученных осадках

Интересной особенностью позднеледниковых отложений является присутствие тератоморфной (отличающейся от обычной формы) пыльцы сосен в изученном интервале колонки Ј-3. Аномальные пыльцевые зерна отличались от нормальных размерами, формой, количеством и способом соединения воздушных мешков [9]. На основании этого было выделено несколько типов тератоморфной пыльцы (рис. 2): пыльцевые зерна с двумя воздушными мешками, слившимися между собой; пыльцевые зерна с двумя воздушными мешками разных размеров (один мешок почти в два раза больше другого); пыльцевые зерна с двумя воздушными мешками очень маленьких размеров. Причины образования тератоморфных пыльцевых зерен неоднозначны и разными исследователями трактуются по-разному. Они могут быть связаны как с антропогенной деятельностью (уровень радиации, концентрация тяжелых металлов и пестицидов, промышленные выбросы, пожары), так и с воздействием природных факторов (интенсивная вулканическая деятельность, пожары, гибридизация, климатические изменения: низкие температуры, недостаточная влажность

и т.п.). Несмотря на многообразие факторов можно однозначно утверждать, что нарушение условий существования растений может способствовать появлению тератоморфных пыльцевых зерен. Известно, что в благоприятных условиях содержание тератоморфных форм не превышает 3–7%, зато в стрессовых ситуациях их количество значительно усиливается [10].

В изученном интервале содержание тератоморфных пыльцевых зерен достигает 15,8%. Следовательно, можно говорить о том, что растения, продуцирующие аномальную пыльцу, подвергались воздействию негативных факторов окружающей среды и это воздействие было относительно длительным и интенсивным. Антропогенный фактор во время накопления изученных осадков скорее всего, не играл значительной роли, так как влияние человека на окружающую среду носило более локальный характер. Вероятнее всего, появлению нарушений в морфологическом строении оболочек пыльцы способствовали климатические изменения, а именно - колебания температуры и влажности (вероятнее всего, понижение температур и иссушение), которые неоднократно отмечались в позднем плейстоцене.

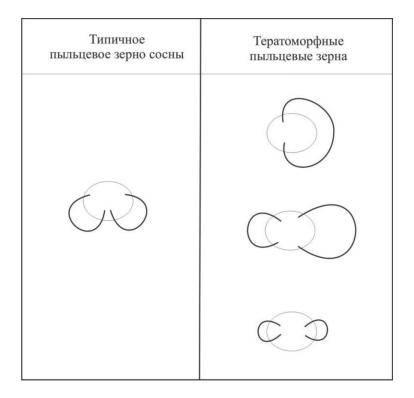


Рис. 2. Типичное и аномальные пыльцевые зерна сосны

Заключение

В последний ледниковый максимум бореальные темнохвойные леса состоящие из Abies, Picea, Pinus, покрывали значительные территории Корейского п-ова и о. Хонсю. Леса из Betula и Larix имели подчиненное значение. В местах с благоприятным микроклиматом произрастали умеренные широколиственные (Quercus s/g Lepidobalanus, Ulmus, Carpinus, Juglans, Tilia, Castanea) и хвойные породы и Cryptomeria), а также некоторые теплолюбивые деревья (Quercus s/g Cyclobalanopsis и Castanopsis). Большие площади занимали ксерофитные луга. Климатические условия были значительно холоднее и суше, чем в настоящее время. Начавшееся около 13 тыс.л.н. потепление климата привело к постепенному вытеснению темнохвойных лесов листопадными широколиственными, состоящими из Quercus и Fagus. Резких похолоданий в районе исследования в позднеледниковье зафиксировано не было. Однако о нестабильных климатических условиях этого времени может свидетельствовать значительный процент тератоморфных пыльцевых зерен сосен. Не ярко выраженная по сравнению с бореальными областями реакция растительного покрова региона на резкие похолодания климата обусловлена, во-первых, положением района исследования в низких широтах, а во-вторых, нивелирующим действием теплого Цусимского течения.

Список литературы

- 1. Евстигнеева Т.А. Пыльца и споры в донных осадках Японского моря / Т.А. Евстигнеева // Фундаментальные исследования. -2013. -N 6–6. -C. 1402–1405.
- 2. Takahara H. Millenial-scale in vegetation records from the East Asian Islands: Taiwan, Japan and Sakhalin / H. Takahara, Y. Igarashi, R. Hayashi, F. Kumon, P-M. Liew, M.Yamamoto, S. Kawai, T. Oba, T. Irino // Quatern. Sci. Rev. 2010. V. 29. P. 2900–2917.
- 3. Yi S. Holocene Vegetation Responses to East Asian Monsoonal Changes in South Korea // Climate Change Geophysical Foundations and Ecological Effects, Juan Blanco (Ed.), 2011. P. 157–178.
- 4. Gorbarenko S.A. Detailed Japan Sea paleoceanography during the last 25 kyr: constraints from AMS dating and δ^{18} O of planktonic foraminifera / S.A. Gorbarenko, J.R. Southon // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecololy. 2000. Vol. 156. P. 177–193.
- 5. Верховская Н.Б. Изменения природной среды юга Японского моря и прилегающей суши в конце плейстоцена голоцене / Н.Б. Верховская, С.А. Горбаренко, М.В. Черепанова // Тихоокеанская геология. 1992. № 2. С. 12–21.
- 6. Chung C.H. Vegetation and climate history during the late Pleistocene and early Holocene from pollen record in Gwangju area, South Korea / C.H. Chung, H.S. Lim, H.J. Lee // Quaternary International. 2010. Vol. 227. P. 61–67.
- 7. Hayashi R. Millennial-scale vegetation changes during the last $40,000~\mathrm{yr}$ based on pollen records from Lake Biwa,

- Japan / R. Hayashi, H. Takahara, A. Hayashida, K. Takemura // Quaternary Research. 2010. № 74. P. 91–99.
- 8. Tarasov P.E. Progress in the reconstruction of Quaternary climate dynamics in the Northwest Pacific: A new modern analogue reference dataset and its application to the 430-kyr pollen record from Lake Biwa / P.E. Tarasov, T. Nakagawa, D. Demske, H. Österle, Y. Igarashi, J. Kitagawa, L. Mokhova, V. Bazarova, M. Okuda, K. Gotanda, N. Miyoshi, T. Fujiki, K. Takemura, H. Yonenobu, A. Flecka // Earth-Science Reviews. 2011. Vol. 108. P. 64–79.
- 9. Мельникова Т.А. Аномальная пыльца рода Pinus L. как индикатор палеоклиматических флюктуаций в позднем голоцене / Т.А. Мельникова // Вестник ДВО РАН. -2004. -№ 3. C. 178–182.
- 10. Дзюба О.Ф. Качественный состав палинологических спектров Санкт-Петербурга во время пыления сосны обыкновенной на территории города спутника ЛАЭС Сосновый бор / О.Ф. Дзюба, С.В. Подойницына // Проблемы современной палинологии: мат-лы XIII Росс. палинол. конф. Т. 2. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 253—257.

References

- 1. Evstigneeva T.A. Pylca i spory v donnyh osadkah Japonskogo morja / T.A. Evstigneeva // Fundamentalnye issledovanija. 2013. no. 6–6. pp. 1402–1405.
- 2. Takahara H. Millenial-scale in vegetation records from the East Asian Islands: Taiwan, Japan and Sakhalin / H. Takahara, Y. Igarashi, R. Hayashi, F. Kumon, P-M. Liew, M. Yamamoto, S. Kawai, T. Oba, T. Irino // Quatern. Sci. Rev. 2010. V. 29. P. 2900–2917.
- 3. Yi S. Holocene Vegetation Responses to East Asian Monsoonal Changes in South Korea // Climate Change Geophysical Foundations and Ecological Effects, Juan Blanco (Ed.), 2011. pp. 157–178.
- 4. Gorbarenko S.A. Detailed Japan Sea paleoceanography during the last 25 kyr: constraints from AMS dating and $\delta18$ O of planktonic foraminifera / S.A. Gorbarenko, J.R. Southon // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecololy. 2000. Vol. 156. pp. 177–193.
- 5. Verhovskaja N.B. Izmenenija prirodnoj sredy juga Japonskogo morja i prilegajushhej sushi v konce plejstocena golocene / N.B. Verhovskaja, S.A. Gorbarenko, M.V. Cherepanova // Tihookeanskaja geologija. 1992. no. 2. pp. 12–21.
- 6. Chung C.H. Vegetation and climate history during the late Pleistocene and early Holocene from pollen record in Gwangju area, South Korea / C.H. Chung, H.S. Lim, H.J. Lee // Quaternary International. 2010. Vol. 227. pp. 61–67.
- 7. Hayashi R. Millennial-scale vegetation changes during the last 40,000 yr based on pollen records from Lake Biwa, Japan / R. Hayashi, H. Takahara, A. Hayashida, K. Takemura // Quaternary Research. 2010. no. 74. pp. 91–99.
- 8. Tarasov P.E. Progress in the reconstruction of Quaternary climate dynamics in the Northwest Pacific: A new modern analogue reference dataset and its application to the 430-kyr pollen record from Lake Biwa / P.E. Tarasov, T. Nakagawa, D. Demske, H. Österle, Y. Igarashi, J. Kitagawa, L. Mokhova, V. Bazarova, M. Okuda, K. Gotanda, N. Miyoshi, T. Fujiki, K. Takemura, H. Yonenobu, A. Flecka // Earth-Science Reviews. 2011. Vol. 108. pp. 64–79.
- 9. Melnikova T.A. Anomalnaja pylca roda Pinus L. kak indikator paleoklimaticheskih fljuktuacij v pozdnem golocene / T.A. Melnikova // Vestnik DVO RAN. 2004. no. 3. pp. 178–182.
- 10. Dzjuba O.F. Kachestvennyj sostav palinologicheskih spektrov Sankt-Peterburga vo vremja pylenija sosny obyknovennoj na territorii goroda sputnika LAJeS Sosnovyj bor / O.F. Dzjuba, S.V. Podojnicyna // Problemy sovremennoj palinologii: mat-ly XIII Ross. palinol. konf. T. 2. Syktyvkar: IG Komi NC UrO RAN, 2011. pp. 253–257.

УДК 553.3/.4

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗНОТИПНОГО ПО ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПРИМОРЬЯ И ЕГО РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

¹Ивин В.В., ²Родионов А.Н., ¹Медведев Е.И., ¹Фатьянов И.И.

 1 ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: Cage21@mail.ru; 2 ОАО «Приморгеология», Владивосток

В геологическом отношении территория Приморского края одна из наиболее интересных на Дальнем Востоке России, так как здесь наблюдается стык молодых геологических структур Тихоокеанского пояса с более древними структурами Северо-Азиатского кратона. Согласно современным представлениям плитовой тектоники в пределах края выделяется Лаоелин-Гродековский составной террейн, Ханкайская (Матвеевско-Нахимовский, Спасский, Вознесенский, Сергеевский террейны) и Сихотэ-Алинская (Самаркинский, Таухинский, Журавлевский, Кемский террейны) аккреционные системы, формирование которых происходило в разное время и в различных геодинамических обстановках. Длительная и сложная геологическая история края включает этапы развития многометалльного оруденения, в том числе и благороднометалльного. На территории края за последние 100 лет выявлены и в разной степени оценены 28 месторождений, 113 рудопроявлений, содержащих благородные металлы, а также порядка 140 пунктов минерализации. Прогнозные ресурсы золота которых по данным ОАО «Приморгеология» на 2010 г составляют 512 т. Характер размещения оруденения обусловлен совокупным влиянием структурно-тектонических, литолого-стратиграфических и магматогенных факторов, в частности связью месторождений и проявлений с разновозрастными флюидно-магматическими источниками и наличием благоприятной для рудоотложения вмещающей среды. В данной работе выделены благороднометалльные месторождениях шести формационных типов: золоторудного, золото-серебряного, серебряного, золото-редкометалльного, золото-полиметалльного и золото-медно-порфирового, а также кратко рассмотрена их геолого-минералогическая характеристика. Показано, что перспективными для обнаружения благороднометалльных проявлений золоторудной и золото-редкометалльной формаций следует считать Сергеевский, Самаркинский и Журавлевский террейны, золото-серебряной, серебряной и золото-полиметалльной – Кемский и Таухинский, золото-меднопорфировой – Журавлевский. Наличие большого числа небольших проявлений золота и серебра показывает, что край обладает значительным ресурсным потенциалом благороднометалльного оруденения, реализация которого связана с постановкой поисково-разведочных работ на перспективных площадях с целью обнаружения новых потенциально значимых месторождений на территории Приморского края.

Ключевые слова: золото, серебро, прогнозные ресурсы, месторождения, формационные типы

LOCATION FEATURES AND RESOURCE POTENTIAL OF THE PRIMORSKY REGION NOBLE-METAL MINERALIZATION BELONGING TO DIFFERENT-TYPE FORMATIONS

¹Ivin V.V., ²Rodionov A.N., ¹Medvedev E.I., ¹Fatyanov I.I.

¹Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: Cage21@mail.ru; ²JSC Primorgeologia, Vladivostok

Geology of the Primorye Krai territory is one of the most interesting in the Russian Far East because this is an area where young geological formations of Pacific belt meet more ancient blocks of the North Asian Craton. According to recent conceptions of plate tectonics, the Laoelin-Grodekov composite terrane, the Khanka accretionary system (Matveevka-Nakhimovka, Spassk, Voznesenka, and Sergeevka terranes) and the Sikhote-Alin superterrane (Samarka, Taukha, Zhuravlevka, and Kema terranes) are recognized within Primorye Krai. They were formed variously and under different geodynamic settings. Long and complicated geological history of the region had stages of polymetallic mineralization, including noble metals. During the last hundred years, 28 deposits, 113 noble metal – containing occurrences and about 140 localities of metallization have been found and evaluated to a variable degree in Primorye. By information of JSC Primgeologia for 2010 year, a predicted gold reserve here accounts 512 tons. This article deals with geological data on the Primorye noble metal-containing deposits of six ore-forming types of mineralization: gold, gold-silver, silver, gold-rare metallic, gold-polymetallic and gold-copper porphyritic. The deposits are distributed on the territory unevenly that is conditioned by the aggregated influence of structural tectonic, lithostratigraphic and magmatogene factors. Gold and silver abundance in deposits suggest that Primorye has a significant resource potential of noble-metal mineralization which realization depends on organization of prospecting and exploration works for finding large deposits.

Keywords: gold, silver, predicted reserves, deposits, formation type

В данной работе выполнен формационный анализ золотого и серебряного оуденения Приморья, исследование золото-серебряной минерализации позволило впервые отнести благороднометалльные объекты к шести формационным типам, а также на-

метить перспективные площади для обнаружения крупных проявлений благородных металлов.

Территория Приморья в геологическом отношении одна из сложных на Дальнем Востоке России, так как здесь

фиксируется сопряжение Тихоокеанских складчато-надвиговых структур с орогенными сооружениями Центрально-Азиатского пояса. Согласно современным моделям плитовой тектоники [1, 2] в пределах края выделяются Лаоелин-Гродековский составной террейн и две аккреционные системы – Ханкайская (Матвеевско-Нахимовский, Спасский, Вознесенский, Сергеевский террейны) и Сихотэ-Алинская (Самаркинский, Таухинский, Журавлевский, Кемский террейны), формировавшиеся в разное время и в различных геодинамических обстановках. С формированием Тихоокеанских складчато-надвиговых структур связано развитие в Приморье многометалльного оруденения, в том числе благороднометалльного.

В пределах края известно 28 месторождений и 113 – рудопроявлений этих металлов, а также порядка 140 пунктов минерализации. С благороднометалльным оруденением ассоциирует большое количество разномасштабных по ресурсному потенциалу россыпей золота. Вместе с тем за всю историю развития горнодобывающей промышленности края разрабатывалось только два рудных месторождения золота – Аскольдовское и Прогресс и одно серебра - Таежное. Золото попутно извлекалось также из редкометалльных месторождений (Восток 2, Лермонтовское и др.). Несмотря на значительное количество в крае золото- и серебросодержащих объектов, крупных рудных месторождений пока не обнаружено. Причины существующего положения связаны не только с особенностями геологического строения Приморья, но и с недоизученностью благороднометалльного оруденения.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования, изучение фондовых [3–5] и опубликованных материалов [6–8] позволили отнести золото- и серебросодержащее оруденение Приморья к шести формационным типам: золоторудному, золото-серебряному, серебряному, золото-редкометалльному, золото-полиметалльному и золото-меднопорфировому. Размещение разнотипных по формационной принадлежности проявлений золота и серебра в крае неравномерно, что обусловлено совокупным влиянием на их образование структурно-тектонических, литолого-стратиграфических и магматогенных факторов. Приведем краткую

геологическую характеристику основных рудных объектов и данные по их ресурсному потенциалу.

Золоторудная формация. Золотое оруденение этого формационного типа обнаружено во всех террейнах, кроме Кемского. Зафиксировано 9 месторождений, 59 рудопроявлений и 102 пункта минерализации. Центры концентрирования золоторудных объектов приурочены к Сергеевскому и Журавлевскому террейнам (рис. 1). К перспективным отнесены месторождения Глухое, Герасимовское, Гордеевское, Софье-Алексеевское и Первомайское.

Наиболее крупное по прогнозным ресурсам золота — месторождение Глухое — расположено в Журавлевском террейне. Вмещающими оруденение породами являются мезозойские черносланцевые толщи. Терригенные породы собраны в серию складок северо-восточного и субмеридионального простирания и прорваны меловыми диоритами, диоритовыми порфиритами, реже керсантитами, диабазами, гранити гранодиорит-порфирами. Оруденение приурочено к мелким штокам монцо-габбро-диоритового состава, возраст которых составляет 103 млн лет [9].

Рудные тела представляют собой зоны смятия, дробления и милонитизации, насыщенные кварцевыми прожилками, а также тонковкрапленными пиритом и арсенопиритом. Содержание золота — от 1,5 до 3,8 г/т. Прогнозные ресурсы благородного металла по категории P_3 составили 80 T [5]. Переоценка снизила их до 27 T [5]. Поисково-оценочные работы на флангах месторождения увеличили прогнозные запасы золота на 40 T [4].

Второй по прогнозной значимости золоторудный объект — Герасимовское месторождение — расположен в Таухинском террейне. Рудные тела залегают в мезозойской толще терригенных отложений, прорванных Мокрушенским гранитоидным массивом и смятых в крутые складки северо-восточного простирания. Оруденение представлено прожилково-вкрапленными зонами и жилами с кварц-сульфидной минерализацией. Мощность зон — 1,0—1,5 м, протяженность — 50—1500 м, содержание золота — от 0,1 до 60 г/т. Прогнозные ресурсы Аи по категории Р₃ оценены в 50 т [5].

Софье-Алексеевское месторождение расположено в Лаоелин-Гродековском составном террейне. Рудная площадь сложена палеозойскими осадочными и вулканогенно-осадочными породами, смятыми

в линейные складки и прорванными мелкими телами и дайками позднепермского вулкано-плутонического комплекса. Сульфидно-кварцевые и кварц-карбонатные жилы, а также тела брекчий с сульфидно-кварцевым цементом приурочены к зо-

нам интенсивной пиритизации в углистых алевролитах и аргиллитах. Протяженность рудных зон с содержанием золота от 0,7 до 6,4 г/т составляет 300-2000 м, мощность 4-40 м. Прогнозные ресурсы Au по категории P_3-28 т [3].

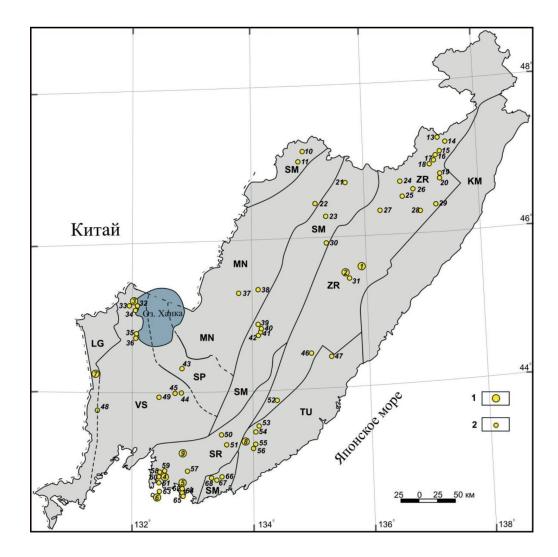


Рис. 1. Схема размещения основных месторождений (1) и рудопроявлений (2) золоторудной формации. 1) месторождения: 1 — Глухое, 2 — Благодатное, 3 — Первомайское, 4 — Криничное, 5 — Прогресс, 6 — Аскольдовское, 7 — Софье-Алексеевское, 8 — Герасимовское, 9 — Гордеевское; 2) рудопроявления: 10 — Предгорка, 11 — Бешир, 12 — Зыряновское, 13 — Верховье р. Бикин, 14 — Белое, 15 — Бикинское, 16 — Среднекунгулазское, 17 — Кл. Мал. Плотниковый, 18 — Рогатое, 19 — Чундовское, 20 — Зевское, 21 — Корневое, 22 — Заломи, 23 — Угловое, 24 — Предгорное, 25 — Лев. Красное, 26 — Кл. Вешнего, 27 — Веселое, 28 — Носок, 29 — Кл. Чайного, 30 — Пологое, 31 — Кл. Нежданного, 32 — Качалинское, 33 — Кирпичное, 34 — р. Грязнуха, 35 — Троицкое, 36 — Алексеевское, 37 — Малокабаргинское, 38 — Киреич, 39 — Откосное, 40 — Светлое, 41 — Солнечное, 42 — Офир, 43 — Тихорецкое, 44 — г. Черная, 45 — Уральское, 46 — Осеннее, 47 — Якутинское, 48 — Валунное, 49 — Лефинское (Горбатка), 50 — Сергеевское, 51 — Золотое, 52 — Каменистое, 53 — Берязняки, 54 — Кл. Угольный, 55 — Каменка, 56 — Календарное, 57 — Балыковское, 58 — Пашкеевское, 59 — Сахарная Голова, 60 — Рудневское, 61 — Домашлино, 62 — Подосеновское, 63 — Путятинское, 64 — Карьерное, 65 — Увальное, 66 — Янлаза, 67 — Кл. Старикова, 68 — Смутное. Террейны (Ханчук и др., 1995): LG — Лаолеин-Гродековский составной, VS — Вознесенский, SP — Спасский, MN — Матвеевско-Нахимовский, SR — Сергеевский, SM — Самаркинский, ZR — Журавлевский, ТU — Таухинский, КМ — Кемский

Первомайское месторождение находится в Вознесенском террейне. Значительная его часть сложена позднепермскими гранитами и плагиогранитами, прорванными юрскими средне-основными дайками. В южной части рудной площади развиты раннемеловые граниты и позднемеловые дайки умеренно кислого и кислого состава. Оруденение мусковит-хлорит-эпидот-капредставлено лишпатовыми зонами и кварцевыми жилами с вкрапленной сульфидной минерализацией. Мощность рудных тел -0.7-2.0 м, содержание золота – 17,0 г/т –42,1 г/т. Прогнозные ресурсы благородного металла по категории $P_2 - 16,5 \text{ T } [3].$

Гордеевское месторождение приурочено к Сергеевскому террейну. Оруденение размещено среди позднемеловых андезитов в сульфидизированных зонах кварцсерицит-турмалиновых метасоматитов, расположенных в контактовом ореоле диорит-гранодиритового штока. Мощность зон — 0,5—10 м, протяженность — до 700 м. Содержание золота в отдельных пробах достигает 30 г/т. Его прогнозные ресурсы по категории P_3 — 20 т [5].

Суммарные прогнозные ресурсы благородного металла золоторудного формационного типа составляют 325 т, в том числе по категории $P_1 - 40$ т, $P_2 - 110$ т, $P_3 - 175$ [5].

по категории $P_1 - 40$ т, $P_2 - 110$ т, $P_3 - 175$ [5]. Золото-серебряная формация. Оруденение этой формации проявлено в Лаоелин-Гродековском, Журавлевском, Матвеевско-Нахимовском, Таухинском и Кемском террейнах (рис. 2). Известно 3 месторождения и 26 рудопроявлений. Приморское месторождение в Кемском террейне приурочено к вулкано-тектоническому грабену, ограниченному субширотными и северо-восточными разломами. Рудное поле сложено раннепалеогеновыми кислыми и умеренно кислыми игнимбритами, туфами и туфолавами жерловых фаций, подвергшимися аргиллизации.

Кварцевые и адуляр-карбонат-кварцевые жилы размещены в метасоматических зонах серицит-каолинит-гидрослюдистого состава. Мощность жил — от 0,7 до 4,7 м, содержание золота — 7,0—16,3 г/т, серебра — 129,2—154,4 г/т. Прогнозные ресурсы золота по категории P_1 — 7,5 т [5].

В Таухинском террейне расположены Васильковое месторождение и Милоградовское рудопроявление. Площадь первого сложена игнимбритами и туфами риолитов приморской свиты, прорванными дайками пестрого состава. Развитые здесь тела вторичных кварцитов сопровождаются квар-

цевыми жилами и зонами прожилкового окварцевания. Простирание рудных тел северо-западное, протяженность — 200—400 м, мощность — 1.5 — 10 м, в раздувах — до 20 м. Содержание золота — 0.1 — 11.0 г/т, серебра — до 387 г/т, в единичных сечениях — до 2806 г/т. Прогнозные ресурсы золота по категории P_3 — 25 т, серебра — 1000 т [5].

Милоградовское рудопроявление сложено вулканогенными образованиями верхнего мела и палеогена. Рудные тела представлены субширотными и северо-западными жильно-прожилковыми зонами протяженностью 50–2100 м, мощностью 0,3–3,3 м. Содержание золота в рудах – 0,15–16,0 г/т, серебра – 131–498 г/т. В углеродсодержащих прожилках в виде отдельных включений установлены самородная платина и палладий [10]. Прогнозные ресурсы золота по категории P_3 составляют 30 т, серебра – 2500 т [5].

К перспективным объектам относится Комиссаровское рудопроявление в Лаоелин-Гродековском составном террейне. Кварцевые жилы с золото-серебряной минерализацией залегают здесь в дацитах пермского возраста. Сульфиды представлены галенитом, сфалеритом и пиритом. Содержание золота — 1,92 г/т, серебра — 49—52 г/т. Прогнозные ресурсы Аи по категории P_3 — 40 т [5].

Прогнозные ресурсы Au объектов золото-серебряной формации составляют 103 т, из них по категории $P_1 - 8$ т, $P_3 - 95$ т [5]. *Серебряная формация*. Оруденение

Серебряная формация. Оруденение этой формации зафиксировано в Кемском, Таухинском и Матвеевско-Нахимовском террейнах. Оно представлено четырьмя месторождениями и шестью рудопроявлениями (рис. 3, а).

Месторождение Салют расположено в Кемском террейне среди позднемеловых кислых туфов приморской и левособолевской свит. Вулканиты прорваны дайками долеритов, андезитов и андезито-дацитов. Оруденение концентрируется в минерализованных зонах с флюорит-кварцевыми, кварцевыми и адуляр-кварцевыми жилами. Выявлено порядка 40 рудных тел протяженностью от 60 до 1400 м, мощностью от 1,8 до 3,8 м. Содержание золота — 1,8—5,2 г/т, серебра — 326—738 г/т [4].

В Кемском террейне расположено еще одно месторождение – Таежное. Оруденение представлено адуляр-кварц-карбонатными жильно-прожилковыми зонами, залегающими среди терригенных пород раннего и вулканитов позднего мела.

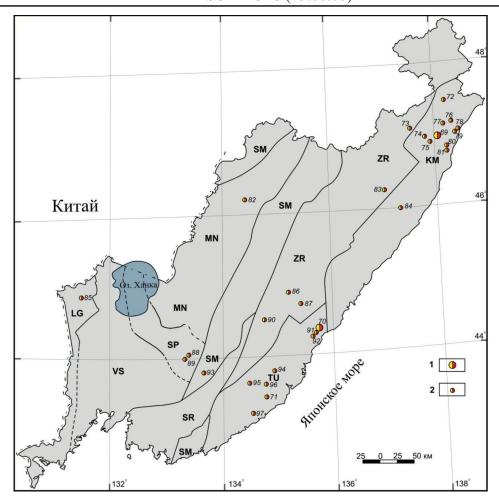


Рис. 2. Схема размещения основных месторождений (1) и рудопроявлений (2) золотосеребряной формации. 1) месторождения: 69 — Приморское, 70 — Майское; 71 — Васильковское; 2) рудопроявления: 72 — Спрятанное, 73 — Кл. Болотного, 74 — Чудное, 75 — Ефремовское, 76 — Павелицкое, 77 — Бурматов Ключ, 78 — Фефеловское, 79 — Лужки, 80 — Ахами, 81 — Быстрое, 82 — Бол. Силан (Бол. Сахалинка), 83 — Скальное, 84 — Колхида, 85 — Комиссаровское, 86 — Железное, 87 — Желтое, 88 — Халазское, 89 — Лиенгу, 90 — Интересное, 91 — Березовое, 92 — Пасечное, 93 — Сухое, 94 — Авакумовское, 95 — Вершинное, 96 — Тенфуровское, 97 — Милоградовское. Обозначения террейнов см. на рис. 1

Мощность одной из таких зон — Июльской — от 0.9 до 2.5 м, содержание серебра — от 270 до 720 г/т.

В Матвеевско-Нахимовском террейне присутствует Силанское месторождение. Оруденение приурочено к прожилково-метасоматическим зонам, залегающим в раннемеловых вулканитах кислого состава. Мощность рудных тел — 5,0—10,0 м. Запасы благородных металлов по категории C_2 в 1994 г. составляли: серебра — 182 т, золота — 1 т.

Прогнозные ресурсы Ag объектов серебряной формации по категории $P_1 - 200$ т, $P_2 - 500$ т [5].

Золото-редкометалльная формация. Месторождения и рудопроявления этой формации присутствуют в Самаркинском,

Журавлевском, Кемском и Сергеевском террейнах (рис. 3, б).

Наиболее перспективным объектом Самаркинского террейна является Незаметное золото-вольфрамовое месторождение. Оно приурочено к меловому штоку гранит-порфиров, который прорывает толщу палеозойских терригенных пород, содержащих включения кремней и спилитов. Золото-редкометалльное оруденение, представленное кварцевыми жильно-прожилковыми зонами, размещено в штоке. В осадочных породах оно переходит в серию маломощных прожилков и выклинивается. Содержание золота в рудных телах колеблется от 0,01 до 10,0 г/т. Прогнозные ресурсы Аи по категории P₂ – 7 т [5].

Порожистое золото-вольфрамовое месторождение также расположено в Самаркинском террейне. По данным В.Н. Назаренко (1986 г.) в рудном поле развиты докембрийские метагабброиды и гранито-гнейсы, прорванные позднемеловыми дайками спессартитов и сиенит-порфиров, а также штоками гранитов. Оруденение приурочено к минерализованным зонам милонитов, содержащих кварцевые жилы с вкрапленностью пирита, арсенопирита, ковеллина, шеелита, вольфрамита и молибденита. Выделяется 95 зон, из них в 36 содержание золота превышает 1 г/т, в 10 – 3 г/т. Простирание зон изменяется от близширотного до субмеридионального, падение – от 30 до 90°, протяженность – от 100 м до 1,1 км, мощность – от 1 до 12 м. Прогнозные ресурсы золота по категории $P_2 - 15$ т.

Прогнозные ресурсы Au объектов золото-редкометалльной формации по категории P_2 составляют 22 т, P_3 – 10 т [5].

Золото-полиметалльная формация. Основные месторождения и рудопроявления формации сосредоточены в Кемском, Таухинском и Матвеевско-Нахимовском террейнах (рис. 4, а). Перспективными объ-

ектами являются месторождения Ягодное, Кумирное и Курнахское.

Ягодное месторождение расположено в Кемском террейне среди вулканитов позднего мела и палеогена. Оруденение, представленное кварц-сульфидными жильно-прожилковыми зонами, приурочено к гидрослюдисто-хлорит-серицитовым метасоматитам. Содержание золота в рудах — до 3,1 г/т, серебра — до 47,5 г/т, свинца — до 0,7%, цинка — до 0,5%, меди — до 0,46%. Прогнозные ресурсы золота по категории P1 — 4 т.

Кумирное месторождение также находится в Кемском террейне. Оруденение пространственно приурочено к Малиновскому интрузивному массиву возраст которого приходится на палеоцен-эоцен. Выделено порядка 20 рудных зон с убого- и умеренносульфидной минерализацией. Они размещены преимущественно среди вулканических накоплений приморской свиты: убогосульфидные зоны - среди вулканитов верхней пачки, а умеренносульфидные - нижней. Мощность рудных зон – 10–20 м, протяженность – до 1,5 км, содержание золота – до 2,5 г/т, серебра – до 200 г/т, олова, свинца и цинка – до 1%. Прогнозные ресурсы золота по категории Р1 – 6 т, серебра – 462 т.

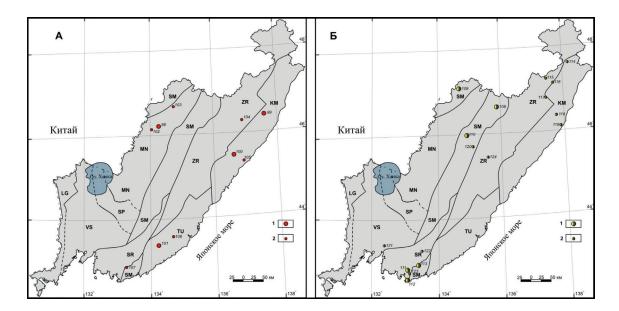


Рис. 3. (A, Б) Схема размещения основных месторождений (1) и рудопроявлений (2):
A) серебряной формации. 1) месторождения: 98 — Силанское, 99 — Салют, 100 — Таежное, 101 — Союзное; 2) рудопроявления: 102 — Знаменка, 103 — Капкан, 104 — Буровое, 105 — Кабанье, 106 — Горноводное, 107 — Верхнеполозовское.
Б) золото-редкометалльной формации. 1) месторождения: 108 — Восток 2, 109 — Лермонтовское, 110 — Незаметное, 111 — Унашинское, 112 — Хмельновское, 113 — Порожистое; 2) рудопроявления: 114 — Спрятанный, 115 — Сихотэ, 116 — Болотный, 117 — Антонов ключ, 118 — Средне-Кузнецовское, 119 — Соболевское, 120 — Сентябрьское, 121 — Сухое, 122 — Пасечное, 123 — Золотая долина, 124 — Сидатунское. Обозначения террейнов см. на рис. 1

Курнахское месторождение расположено в Матвеевско-Нахимовском террейне среди палеозойских терригенных отложений с включениями карбонатных пачек. Оруденение расположено в экзоконтакте Тамгинского гранитоидного массива. Мощность рудных зон – 5–6 м протяженность – до 2 км. Содержания полезных компонентов изменяются в следующих пределах: Au – 2,05–4,97 г/т, Pb – 2–12%, Zn – 0,7–2,3%.

Прогнозные ресурсы Au объектов золото-полиметалльной формации по категориям P1 и P2 составляют 10 т [5].

Золото-меднопорфировая формация. Объекты этой формации выявлены в Журавлевском, Самаркинском и Матвеевско-Нахимовском террейнах. Основные прогнозные ресурсы сосредоточены в Малиновском и Лазурном месторождениях, схожих по геологическому строению и минеральному составу с крупными объектами Чили, Перу, Панамы, Мексики и др. [7, 13]. Слабо изученные рудопроявления – Короед, Озерное и Конторское (рис. 4, б).

Малиновское месторождение расположено в Журавлевском террейне у пересечения Центрального Сихотэ-Алинского разлома с Малиновско-Колумбинским [14]. Оно представлено крутопадающими прожилково-жильными зонами субмеридио-

нального и северо-восточного простирания. Протяженность рудных тел – 100–225 м, мощность – до 20 м. Руды сульфидно-кварцевые. Количество сульфидов меняется от 5 до 40%, в среднем составляя 10–15%. Наиболее распространены арсенопирит, пирит и халькопирит. Присутствуют также пирротин, сфалерит, марказит, магнетит, минералы висмута (висмутин, кобеллит, жозеит, самородный висмут), молибденит, шеелит и золото пробностью – 683–835 %. Прогнозные ресурсы Au по категории Р, -42 т [5]. Лазурное месторождение также приурочено к Журавлескому террейну. Оно входит в состав Соболиного рудного узла. Здесь развиты терригенные породы апт-альбского возраста, прорванные штоками габбро-монцонитов, монцодиоритов и монцогранодиоритов, дайками риолитов, риодацитов, дацитов, базальтов, андезибазальтов и андезитовых порфиритов [15]. Оно представлено кварцевыми и кварцсульфидными жилами северо-западного и северо-восточного простирания, содержание золота в руде составляет от 2,3 до 302,0 г/т, среднее 64,84 г/т. Средняя проба золота — $835\,^{\circ}/_{\circ\circ}$. Прогнозные ресурсы Au по категории P_2 — 2,3 т [9 (5)]. Месторождение располагает также значительными запасами меди и молибдена.

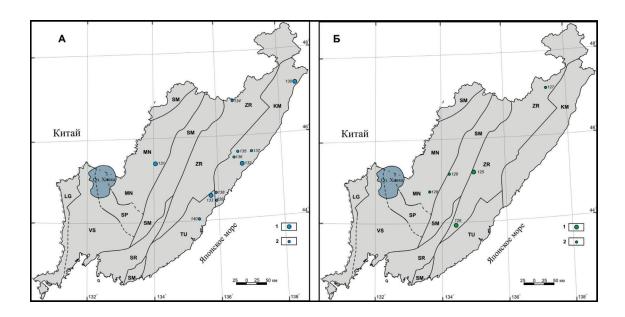


Рис. 4. (А, Б) Схема размещения месторождений (1) и рудопроявлений (2):
А) золото-полиметалльной формации. 1) месторождения: 130 — Ягодное, 131 — Курнахское, 132 — Кумирное 133 — Майминовское; 2) рудопроявления: 134 — Меченое, 135 — Быстрое, 136 — Веселое, 137 — Пихтовое, 138 — Сарафанное, 139 — Трехреченское, 140 — Гороховое. Б) золото-меднопофировой формации. 1) месторождения: 125 — Малиновское, 126 — Лазурное; 2) рудопроявления: 127 — Короед, 128 — Озерное, 129 — Конторское. Обозначения террейнов см. на рис. 1

Рудопроявление Конторское расположено в Самаркинском террейне. Оруденение приурочено к слюдисто-кварцевому штокверку, развитому в пермских терригенных и кремнисто-вулканогенных породах, прорванных дайками раннемеловых андезитов. В штокверке оконтурена зона актинолитхлоритовых метасоматитов с содержанием золота от 4,6 до 6,3 г/т. Прогнозные ресурсы золота по категории $P_2-2,3$ т, меди — 15 000 т [5]. Прогнозные ресурсы Au объектов золото-меднопорфировой формации по категории P_3 составляют 42 т [5].

Размещение благороднометалльного оруденения в геотектонических структурах Приморья имеет характерные особенности. Наиболее широко представлены объекты золоторудной формации, располагающиеся во всех террейнах, кроме Кемского. Наибольшая их концентрация отмечается в Журавлевском и Сергеевском. Оруденение золото-серебряной формации приурочено в основном к Таухинскому и Кемскому террейнам. Месторождения серебряной и золото-полиметалльной формаций сосредоточены в Матвеевско-Нахимовском, Кемском и Таухинском террейнах. Основные рудные объекты золото-редкометалльной формации тяготеют к Самаркинскому и Сергеевскому террейнам, а золото-меднопорфировой к Журавлевскому. Характер размещения оруденения обусловлен совокупным влиянием структурно-тектонических, литолого-стратиграфических и магматогенных факторов, в частности связью месторождений и проявлений с разновозрастными флюидно-магматическими источниками и наличием благоприятной для рудоотложения вмещающей среды.

Приморский край обладает значительным ресурсным потенциалом в отношении благородных металлов. По данным ОАО «Приморгеология» прогнозные запасы рудного золота составляют 512 т. Они сосредоточены в месторождениях золоторудного, золото-серебрянного, серебряного, золото-редкометалльного, золото-полиметалльного и золото-меднопорфирового формационных типов. На долю объектов золоторудной формации приходится 325 т прогнозных запасов благородного металла, золото-серебряной – 103 т, золото-редкометалльной – 32 т, золото-полиметалльной – 10 т, золото-меднопорфировой – 42 т [5]. Проведенный авторами формационный анализ позволил выделить на территории Приморского края с точки зрения террейновой теории перспективные площади для обнаружения новых типов благороднометалльных проявлений:

- 1) для золоторудной и золото-редкометалльной формаций Сергеевский, Самаркинский и Журавлевский террейны;
- 2) золото-серебряной, серебряной и золото-полиметалльной Кемский и Таухинский;
- 3) золото-меднопорфировой Журавлевский.

Авторы выражают свою признательность д.г.-м.н. В.Г. Хомичу за помощь при подготовке рукописи.

Список литературы

- 1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2-х книгах. Под. ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 680 с.
- 2. Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Д., Голозубов В.В., Гонохова Н.Г. Геология и полезные ископаемые Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 1995. 82 с.
- 3. Кутуб-Заде Т.К. Прогнозно-поисковые работы по оценке ресурсного потенциала золота Западно-Приморской перспективной площади (Приморский край). Отчет Западно-Приморского участка партии Прогнозов за 2003–2006 гг. 409 с. Прим. ТГФ.
- 4. Родионов А.Н. Поисковые работы по оценке ресурсного потенциала золота Благодатненской перспективной площади (Приморский край) за 2007–2010 гг. 120 с. Прим. ТГФ.
- 5. Семенов Е.Ф. Переоценка прогнозных ресурсов золота коренного, золота россыпного, серебра, меди, свинца, цинка, титана, олова, вольфрама и плавикового шпата на территории Приморского края по состоянию на 01.01.2010 г. 154 с. Прим. ТГФ.
- 6. Эйриш Л.В. Металогения золота Приморья (Приморский край). Хабаровск, 2003.-148 с.
- 7. John Drobe, Darryl Lindsay, Holli Stein, and Janet Gabites, Geology, Mintralizatio, and Geochronological Constraints of the Mirador Cu-Au Porphyry District, Southeast Ecuador // Economic Geology. 2013. Vol. 108. P. 11–36.
- 8. Khanchuk A.I., Kemkin I.V., Kruk N.N. The Sikhote–Alin orogenic belt, Russian South East: terranes and the formation of continental lithosphere based on geological and isotopic data, Journal of Asian Earth Sciences. −2016. № 120. P. 117–138.
- 9. Сахно В.Г., Коваленко С.В., Баринов Н.Н., Лызганов А.В., Кузнецов Ю.А. Монцонитоидный магматизм золоторудного месторождения Глухое: изотопное датирование (U–PB, SHRIMP), петро- и микроэлементный состав и особенности благородно-металльной минерализации (Приморье) // Доклады академии наук. 2015. Т. 465, № 3. С. 329—337.
- 10. Сахно В.Г., Кузнецов Ю.А., Баринов Н.Н., Пипко М.С. Первые данные о находке самородной платины в породах золото-серебряного рудопроявления Милоградовской вулканоструктуры южного Приморья // Доклады академии наук. 2014. Т. 454, № 5. С. 570—574.
- 11. Хомич В.Г., Ивин В.В., Борискина Н.Г. Новые определения возраста (К-Аг метод) интрузивных образований Нижнетаежного рудного узла (Северное Приморье) / В.Г. Хомич, В.В. Ивин, Н.Г. Борискина // Вестник ТГУ. 2010. № 331. C. 214–218.
- 12. Ивин В.В., Медведев Е.И. Минералого-геохимические особенности полиметалльно-золото-серебряного Кумирного месторождения (Северное Приморье) // Фундаментальные исследования. 2014. № 8–5. С. 1100–1106.
- 13. Hyayong Chen, David R. Cooke, and Mike J. Baker Mesozoic Iron Oxide Copper-Gold Mineralization in the Central Andes and the Gondwana Supercontinent Breakup // Economic Geology. 2013. Vol. 108. P. 37–44.

- 14. Сахно В.Г., Степанов В.А., Гвоздев В.И., Доброшевский К.Н. Малиновская золоторудная магматическая система центрального Сихотэ-Алиня: геохронология, петрогеохимический состав и изотопная характеристика магматических комплексов (Приморье, Россия) // Доклады академии наук. 2013. Т. 452, № 1. С. 61–69.
- 15. Сахно В.Г., Коваленко С.В., Аленичева А.А. Монцонитоидный магматизм медно-порфирового месторождения Лазурное: геохронология по результатам U–РВ и К–АR датирования и особенности генезиса рудоносных магм по данным изотопно-геохимических исследований (Приморье, Россия) Доклады академии наук. −2011. − Т. 438, № 1. − С. 80−90.

References

- 1. Geodinamika, magmatizm i metallogenija Vostoka Rossii: v 2-h knigah. Pod. red. A.I. Hanchuka. Vladivostok: Dal'nauka, 2006. 680 p.
- 2. Hanchuk A.I., Ratkin V.V., Rjazanceva M.D., Golozubov V.V., Gonohova N.G. Geologija i poleznye iskopaemye Primorskogo kraja. Vladivostok: Dal'nauka, 1995. 82 p.
- 3. Kutub-Zade T.K. Prognozno-poiskovye raboty po ocenke resursnogo potenciala zolota Zapadno-Primorskoj perspektivnoj ploshhadi (Primorskij kraj). Otchet Zapadno-Primorskogo uchastka partii Prognozov za 2003–2006 gg. 409 s. Prim. TGF.
- 4. Rodionov A.N. Poiskovye raboty po ocenke resursnogo potenciala zolota Blagodatnenskoj perspektivnoj ploshhadi (Primorskij kraj) za 2007–2010 gg. 120 s. Prim. TGF.
- 5. Semenov E.F. Pereocenka prognoznyh resursov zolota korennogo, zolota rossypnogo, serebra, medi, svinca, cinka, titana, olova, volframa i plavikovogo shpata na territorii Primorskogo kraja po sostojaniju na 01.01.2010 g. 154 p. Prim. TGF.
- 6. Jejrish L.V. Metalogenija zolota Primorja (Primorskij kraj). Habarovsk, 2003. 148 p.
- 7. John Drobe, Darryl Lindsay, Holli Stein, and Janet Gabites, Geology, Mintralizatio, and Geochronological Constraints of the Mirador Cu-Au Porphyry District, Southeast Ecuador // Economic Geology. 2013. Vol. 108. pp. 11–36.

- 8. Khanchuk A.I., Kemkin I.V., Kruk N.N. The Sikhote–Alin orogenic belt, Russian South East: terranes and the formation of continental lithosphere based on geological and isotopic data, Journal of Asian Earth Sciences. 2016. no. 120. pp. 117–138.
- 9. Sahno V.G., Kovalenko S.V., Barinov N.N., Lyzganov A.V., Kuznecov Ju.A. Monconitoidnyj magmatizm zolotorudnogo mestorozhdenija Gluhoe: izotopnoe datirovanie (U–PB, SHRIMP), petro- i mikrojelementnyj sostav i osobennosti blagorodno-metallnoj mineralizacii (Primore) // Doklady akademii nauk. 2015. T. 465, no. 3. pp. 329–337.
- 10. Sahno V.G., Kuznecov Ju.A., Barinov N.N., Pipko M.S. Pervye dannye o nahodke samorodnoj platiny v porodah zolotoserebrjanogo rudoprojavlenija Milogradovskoj vulkanostruktury juzhnogo Primorja // Doklady akademii nauk. 2014. T. 454, no. 5. pp. 570–574.
- 11. Homich V.G., Ivin V.V., Boriskina N.G. Novye opredelenija vozrasta (K-Ar metod) intruzivnyh obrazovanij Nizhnetaezhnogo rudnogo uzla (Severnoe Primore) / V.G. Homich, V.V. Ivin, N.G. Boriskina // Vestnik TGU. 2010. no. 331. pp. 214–218.
- 12. Ivin V.V., Medvedev E.I. Mineralogo-geohimicheskie osobennosti polimetallno-zoloto-serebrjanogo Kumirnogo mestorozhdenija (Severnoe Primore) // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 8–5. pp. 1100–1106.
- 13. Hyayong Chen, David R. Cooke, and Mike J. Baker Mesozoic Iron Oxide Copper-Gold Mineralization in the Central Andes and the Gondwana Supercontinent Breakup // Economic Geology. 2013. Vol. 108. pp. 37–44.
- 14. Sahno V.G., Stepanov V.A., Gvozdev V.I., Dobroshevskij K.N. Malinovskaja zolotorudnaja magmaticheskaja sistema centralnogo Sihotje-Alinja: geohronologija, petrogeohimicheskij sostav i izotopnaja harakteristika magmaticheskih kompleksov (Primore, Rossija) // Doklady akademii nauk. 2013. T. 452, no. 1. pp. 61–69.
- 15. Sahno V.G., Kovalenko S.V., Alenicheva A.A. Monconitoidnyj magmatizm medno-porfirovogo mestorozhdenija Lazurnoe: geohronologija po rezultatam U–PB i K–AR datirovanija i osobennosti genezisa rudonosnyh magm po dannym izotopno-geohimicheskih issledovanij (Primore, Rossija) Doklady akademii nauk. 2011. T. 438, no. 1. pp. 80–90.

УДК 553: 622.271.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ИЗОЛИРОВАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДРАЖНОГО РАЗРЕЗА

Кисляков В.Е., Нафиков Р.З., Вокин В.Н., Бахтигузин А.А.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: Ravik 177@mail.ru

Рассмотрена проблема снижения производительности драг при работе в условиях отрицательных температур, которая особенно актуальна для месторождений, расположенных в условиях Крайнего Севера, где добычной сезон ограничен климатическими условиями. Показаны существующие способы продления дражного сезона, а также предложен способ изолирования дражного разреза современными искусственными материалами. Проведен опыт для подтверждения эффективности данного способа путем создания экспериментальной установки. В качестве изолирующего материала выбран поликарбонат, обладающий рядом достоинств. Получена математическая модель, позволяющая определить температуру внутри изолированного пространства дражного разреза в зависимости от температуры воды разреза и окружающего воздуха. Доказано, что применение предлагаемого способа позволит продлить добычной сезон. Также представлено распределение тепловых полей в изолированном пространстве дражного разреза.

Ключевые слова: россыпное месторождение, драга, производительность, добычной сезон, зимний период, изолирующая конструкция

STUDY OF HEAT EXCHANGE IN ISOLATED SPACE OF DREDGE OPEN CUT

Kislyakov V.E., Nafikov R.Z., Vokin V.N., Bakhtiguzin A.A.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: Ravik 177@mail.ru

The problem of decrease in productivity of dredges at work in the conditions of negative temperatures which is especially actual for the deposits located in the conditions of the Far North where the mining season is limited by climatic conditions is considered. The existing ways of prolonging the dredging season are shown, and a method for isolating the dredge open cut with modern artificial materials is proposed. An experiment was conducted to confirm the effectiveness of this method by creating an experimental setup. As the insulating material selected polycarbonate, which has a number of advantages. A mathematical model is obtained that allows to determine the temperature inside the isolated space of the dredge open cut as a function of the water temperature of the section and the surrounding air. It is proved that the application of the proposed method will allow to prolong the mining season. The distribution of thermal fields in the isolated space of the dredge open cut is also presented.

Keywords: placer deposit, dredge, productivity, mining season, winter period, insulating structure

На сегодняшний день Россия занимает лидирующую позицию по золотодобыче [1]. При этом значительная доля добычи золота приходится на россыпные месторождения (рис. 1). Условия залегания россыпей позволяют эффективно разрабатывать их с применением относительно простой технологии. При разработке россыпей высокие технико-экономические показатели имеет дражный способ разработки. Данный способ обладает рядом достоинств, таких как возможность реализации в сложных гидрогеологических условиях, высокая производительность, минимальная себестоимость и др.

Больше половины россыпных месторождений России, отрабатываемых дражным способом, находятся в неблагоприятных климатических условиях на территории Сибири и Дальнего Востока. В период отрицательной температуры эксплуатационные затраты резко увеличиваются, а производительность драги падает, что существенно ограничивает добычной сезон, который может составить всего 160–180 дней.

Продление дражного сезона не всегда позволяет достичь необходимого экономического эффекта. В большинстве случаев отказываются от продления сезона без максимально достоверных технико-экономических обоснований. В связи с этим сдерживается интенсивное освоение обводнённых месторождений, расположенных в районах Крайнего Севера. Поэтому проблема продления дражного сезона, с целью повышения эффективности использования дражного оборудования в течение года является актуальной.

В связи с этим на сегодняшний день существует целый ряд способов, позволяющих продлить добычной сезон [2–5]. Одним из них является установка пропеллерных насосов на конструкцию драги, обеспечивающих вертикальную циркуляцию воды от дна водоема к поверхности. Также применяется химический способ посыпкой альгинатом натрия и стеаратом цинка водных акваторий, удалось поддерживать их в незамерзающем состоянии в течение зимнего периода. Данные вещества способствуют

созданию на поверхности акваторий мягкого губчатого снега вместо ледяного покрова. Для более эффективной оттайки льда в качестве реагентов применяют хлорид кальция, натрия, аммония, калия, а также сульфид натрия, фторид натрия и бикарбонат калия. Способ поддержания незамерзающих водных акваторий с помощью горячей воды или пара, отбираемых от котельных установок драг, также находит применение при дражных работах в зимний период. Известно применение плавающих пен. В результате изолирования водной поверхности дражного разреза от воздействия отрицательной температуры воздуха окружающей среды предотвращается образование льда. К механическим способам относится разрушение льда ледорезными машинами, паровыми, водяными или электрическими тепловыми резаками. Также к механическим способам можно отнести ручную резку льда. Данный способ в большинстве случаев носит вспомогательный характер. Обычно применение ручных работ связано с уборкой наледей на черпаковой раме, свайном аппарате или других узлах драги. В некоторых случаях применяют комбинированные способы. Однако практика показывает, что все вышеперечисленные способы не получили широкого применения из-за высоких экономических и энергетических затрат, трудоемкости работ и экологического ущерба окружающей среде.

Наиболее перспективным способом продления добычного сезона является изолирование дражного забоя от воздействия отрицательных температур [6–7]. Данный способ имеет ряд преимуществ, таких как возможность бесперебойной работы при наступлении устойчивых отрицательных температур, отсутствие необходимости ежегодных капиталовложений в создание конструкции, простота эксплуатации, снижение простоев в зимний период на ремонтные работы. Так как этот способ не применялся на предприятиях, то был проведен эксперимент для подтверждения эффективности изолирования дражного разреза. Для этого выполнена установка в виде ангара, схема которой приведена на рис. 2.

Установка выполнена для драги 250Д в масштабе 1:100 и имеет следующие размеры: высота — 270 мм, ширина — 520 мм и длина — 1250 мм. Стенки ангара изготовлены из сотового поликарбоната. Поликарбонат выбран в качестве изолирующего материала благодаря ряду преимуществ перед аналогичными материалами (стекло,

полиметилметакрилат и др.). К достоинствам поликарбоната можно отнести малый удельный вес, низкую теплопроводность, устойчивость к резким температурным перепадам, долговечность, высокую светопропускную способность. Толщина выбранного для эксперимента поликарбоната составила 3,5 мм, а коэффициент светопропускания 0,92. Ангар устанавливается на твердое основание, и все зазоры герметизируются таким образом, чтобы исключить свободную циркуляцию воздуха из установки. С торцевой части выполняется отверстие для установки инфракрасной камеры модели IR928+. Камера предназначена для съемки данных движения и распределения температурных полей, с помощью которых возможно определить среднюю температуру внутри изолированного пространства. Температурный диапазон измерения камеры составляет от -20 до 500 °C с погрешностью 2°С.

В центральной части ангара устанавливают экран из фольги для съемки распределения тепловых полей. Экран устанавливают над водой посередине ангара, причем таким образом, чтобы его нижняя часть не соприкасалась с установкой, в результате чего сохраняется свободная циркуляция потоков воздуха внутри установки. В емкость с водой, а также снаружи ангара устанавливаются термодатчики, позволяющие производить замеры температуры как воды, так и воздуха.

Эксперимент проводили в три этапа: при температуре окружающего воздуха –7, –5, –3 °С. В ходе каждого этапа в изолированное пространство устанавливают емкость с водой. Начальная температура воды, при которой происходит съемка тепловых полей в ангаре, принята 20 °С. Далее съемку производят, когда температура воды составит 18, 16, 14 и 12 °С.

Для визуализации снимков инфракрасной камеры использовалось программное обеспечение GuideIr Analyser. Распределения температурных полей в экспериментальной установке представлены на рис. 3.

Для определения средней температуры в изолированном пространстве снимки распределения тепловых полей в программной среде Guide IrAnalyser разбивают изотермами, ограничивающими поля с одинаковой температурой (рис. 4).

Количество участков определялось из максимального перепада температур в изолированном пространстве. Так, для снимков с перепадами температур в 18°С было вы-

делено 6—7 тепловых участков, а для снимков с перепадами в $5\,^{\circ}$ С это значение снижалась до 3—4.

Далее снимки с нанесенными на них изотермами экспортируют в программную среду AutoCAD. С помощью данного программного обеспечения тепловые снимки оцифровывали и определяли площади температурных полей. Тепловые поля, расположенные за пределами ангара, не

учитывались. По полученным данным рассчитывали средневзвешенную температуру воздуха внутри ангара по формуле

$$T_a = \frac{T_i \cdot S_i + \dots + T_n \cdot S_n}{\sum_{i=1}^n S}, \, ^{\circ}C,$$
 (1)

где T_i — температура i-го теплового поля, °C; S_i — площадь i-го теплового участка, см².



Рис. 1. Объем добычи золота в России в 2009-2015 гг.

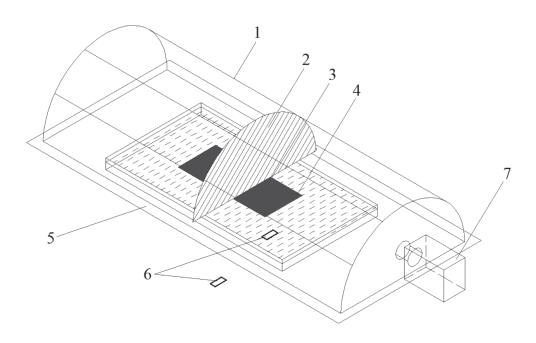
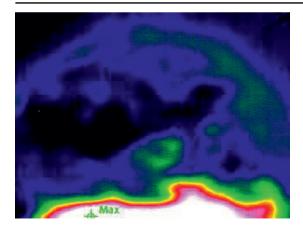


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 – ангар; 2 – экран из фольги; 3 – модель драги; 4 – емкость с водой; 5 – основание; 6 – термодатчики; 7 – инфракрасная камера



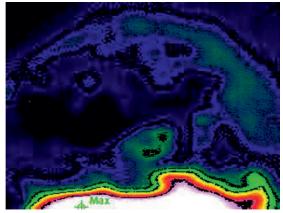


Рис. 3. Пример распределения температурных полей в изолированном пространстве

Рис. 4. Тепловые поля, разделенные изотермами

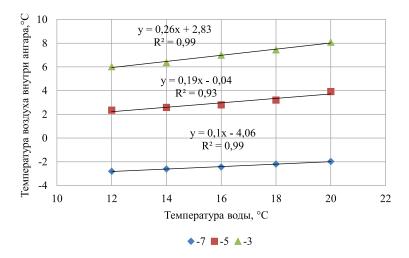


Рис. 5. Зависимость температуры воздуха в ангаре от температуры воды и окружающего воздуха

Результаты расчета средней температуры воздуха в изолированном пространстве дражного разреза в зависимости от температуры воды и температуры окружающего воздуха представлены в таблице.

Средняя температура воздуха в изолированном пространстве

№ п/п	$T_{_{\mathrm{BOJ}}}$	-7	-5	-3
1	+20	-1,98	3,92	8,08
2	+18	-2,2	3,2	7,44
3	+16	-2,44	2,8	7
4	+14	-2,61	2,58	6,37
5	+12	-2,81	2,35	6,02

По полученным данным строится график зависимости температуры воздуха в ан-

гаре от температуры воды и от температуры окружающего воздуха (рис. 5).

Полученные уравнения (рис. 5) имеют линейный вид:

$$T_a = a \cdot T_{\text{boll}} + b, ^{\circ}\text{C}, \tag{2}$$

где $T_{\text{вод}}$ – температура воды, °C; a и b – эмпирические коэффициенты.

По полученным зависимостям методом множественной корреляции была получена математическая модель, позволяющая, с погрешностью до 10%, определить температуру воздуха внутри ангара в зависимости от температуры воды и окружающего воздуха:

$$T_a = (0.04 \cdot T_{BO} + 0.38) \cdot T_{BOJ} +$$

 $+ (1.72 \cdot T_{BO} + 8.19), ^{\circ}C,$ (3)

где $T_{\text{во}}$ – температура окружающего воздуха, °C.

В результате проведенного эксперимента было установлено, что температура внутри ангара значительно выше температуры окружающего воздуха, что позволяет продлить добычной сезон. Так, например, при использовании данной технологии на россыпных месторождениях, расположенных на 63° с.ш., добычной сезон увеличится от 180 дней до 240. В случае с отрабатываемыми месторождениями, расположенными ниже 59° с. ш., их отработку возможно производить круглогодично за счет поддержания забоя в незамерзающем состоянии.

Также были визуализированы движения температурных полей в изолированном пространстве дражного разреза. По полученным снимкам выявлено, что воздух с наибольшей температурой концентрируется в верхней части ангара. Поэтому в дальнейшем будут рассмотрены способы равномерного распределения температуры в изолированном пространстве дражного разреза.

Список литературы

- 1. Золотодобывающая промышленность России: итоги 2015 года и прогноз развития отрасли до 2020 г. URL: http://www.miningworld.ru/ru-RU/images/files/1-Kashuba_Zolotodobyvaiushchaia-promyshlennost-Ros.aspx (дата обращения: 24.05.2017).
- 2. Молочников Л.Н. Эксплуатация и ремонт оборудования гидромеханизации / Л.Н. Молочников, В.В. Ляшевич. М.: Недра, 1982. 198 с.
- 3. Ялтанец И.М. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 3. Гидромеханизированные и подводные работы: Учебник для вузов / И.М. Ялтанец. М.: Издательство «Мир горной книги», 2006. 546 с.
- 4. Шорохов С.М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений / С.М. Шорохов. М.: Недра, 1973. 766 с.

- 5. Попов Ю.А. Гидромеханизация земляных работ в зимнее время / Ю.А. Попов, Д.В. Рощупкин. Л.: Строй-издат. Ленингр. отд-ние, 1979. 186 с.
- 6. Кисляков В.Е. Параметры изолирующей конструкции при дражной разработке в условиях отрицательных температур / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Вып. 2. 2016. С. 95—101.
- 7. Кисляков В.Е. Способ продления дражного сезона / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков // Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты, том II: сб. материалов международной научно-практической конференции. Кемерово: Западно-Сибирский научный центр. 2016. С. 28–31.

References

- 1. Zolotodobyvajushhaja promyshlennost Rossii: itogi 2015 goda i prognoz razvitija otrasli do 2020 g. URL: http://www.miningworld.ru/ru-RU/images/files/1-Kashuba_Zolotodobyvajushchaja-promyshlennost-Ros.aspx (data obrashhenija: 24 05 2017)
- 2. Molochnikov L.N. Jekspluatacija i remont oborudovanija gidromehanizacii / L.N. Molochnikov, V.V. Ljashevich. M.: Nedra, 1982. 198 p.
- 3. Jaltanec I.M. Tehnologija i kompleksnaja mehanizacija otkrytyh gornyh rabot. Chast 3. Gidromehanizirovannye i podvodnye raboty: Uchebnik dlja vuzov / I.M. Jaltanec. M.: Izdatelstvo «Mir gornoj knigi», 2006. 546 p.
- 4. Shorohov S.M. Tehnologija i kompleksnaja mehanizacija razrabotki rossypnyh mestorozhdenij / S.M. Shorohov. M.: Nedra, 1973. 766 p.
- 5. Popov Ju.A. Gidromehanizacija zemljanyh rabot v zimnee vremja / Ju.A. Popov, D.V. Roshhupkin. L.: Strojizdat. Leningr. otd-nie, 1979. 186 p.
- 6. Kisljakov V.E. Parametry izolirujushhej konstrukcii pri drazhnoj razrabotke v uslovijah otricatelnyh temperatur / V.E. Kisljakov, R.Z. Nafikov // Izvestija Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. Vyp. 2. 2016. pp. 95–101.
- 7. Kisljakov V.E. Sposob prodlenija drazhnogo sezona / V.E. Kisljakov, R.Z. Nafikov // Fundamentalnye nauchnye issledovanija: teoreticheskie i prakticheskie aspekty, tom II: sb. materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kemerovo: Zapadno-Sibirskij nauchnyj centr. 2016. pp. 28–31.

УДК 55:631.416.8

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В БУРОЗЕМАХ ОСТРОВА РУССКИЙ

Латышева Л.А.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: l.a.lat@mail.ru

Приводятся данные по содержанию микроэлементов и тяжелых металлов в основных типах буроземов острова Русский. Установлено, что в ряду исследованных буроземов различных растительных сообществ вариабельность по содержанию в них основных микроэлементов незначительна. Наиболее существенные отличия в них обнаружены в накоплении Мп и Сd, что в значительной мере отражает различия биоценотических условий их формирования. Рассмотрено влияние физико-химических показателей этих почв на аккумуляцию и профильное распределение в них тяжелых металлов и микроэлементов (Mn, Cu, Zn, Pb, Co, Cr, Ni, Cd). Выявлена различная степень корреляции содержания микроэлементов и тяжелых металлов в буроземах острова с содержанием гумуса, обменных катионов и рН. Установлено, что наиболее значимым фактором в распределении и накоплении подвижных форм тяжелых металлов и микроэлементов в островных буроземах являются аккумулятивно гумусовый и иллювиально-гумусовый процессы почвообразования.

Ключевые слова: тяжелые металлы, буроземы, физико-химические свойства, остров Русский

HEAVY METALS IN BUROZEMS OF THE RUSSKY ISLAND

Latysheva L.A.

Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: l.a.lat@mail.ru

The levels of the accumulation of heavy metals and microelements given for the main burozems types of the Russian Island. It is founds, that in the burozems, under different vegetation communities, differences in the contents of the main heavy metals did not vary significantly. The most considerable distinctions observed in the contents of Mg and Cd, which be related with differences in biocenotic conditions of their forming. We were investigated the impact of physicochemical properties on fixation and distribution of heavy metals in profiles of the burozems studied. Different degrees of correlation of the contents of heavy metals with the contents of humus, soil reaction and exchangeable Ca and Mg founded. The contents and profile distributions of mobile forms of heavy metals in the studied burozems is related to the humus accumulation and humus illuvial soil-forming process.

Keywords: heavy metals, burozems, physicochemical properties, Island Russky

В современных условиях в связи с активным освоением территории острова Русский и включением ее в программу ТОР (территории опережающего развития) создается угроза для значительной антропогенной трансформации природной среды острова и возникновения дополнительных рисков для загрязнения ее почвенного покрова. Оценить уровень загрязнения прилегающих к строительству участков в будущем возможно будет, только сравнивая показатели измененного состояния окружающей среды с естественными (фоновыми) характеристиками. При этом очень важна проблема выбора точки отсчета, характеризующей чистый объект. Сегодня практически невозможно найти абсолютно чистую почву, которая хотя бы в малой степени не испытывала бы влияния деятельности человека. Поэтому фоновыми считаются не территории отсутствия антропогенного воздействия, а подвергающиеся ему в незначительной степени. Целью настоящего исследования - оценить уровень концентрации тяжелых металлов и микроэлементов в фоновых почвах острова Русский до начала большой стройки (объектов Саммита АТЭС), выявить диапазоны варьирования их содержания и особенности профильной дифференциации.

Материалы и методы исследования

Остров Русский – самый крупный остров в заливе Петра Великого (Японское море). Его площадь около 100 км², длина острова – 18 км, ширина – 13 км. Характерным типом рельефа острова является низкогорье с абсолютными высотами до 300 м. Большая часть его сложена пермскими гранитами, гранодиоритами, диоритами, которые на западе острова сменяются песчаниками, алевролитами, аргиллитами и конгломератами. Климат – резко выраженный муссонный, с повышенным количеством атмосферных осадков и более низкими значениями среднемесячных температур, чем на континенте, значительным числом дней с моросящими дождями, туманами и ветрами. Одной из характерных черт островного климата является активное геохимическое воздействие моря на процессы почвообразования, которое ослабевает по мере продвижения от побережья в глубь острова.

Лесная растительность на территории острова представлена вторичными дубовыми, дубово-липовыми лесами с примесью березы, клена, ясеня, граба, часто изреженными с хорошо развитым травяно-кустарниковым ярусом или отдельными травяно-кустарниковыми группировками. В почвенном покрове преобладают буроземы, которые отличаются существенным разнообразием, как по морфологическим, так и по физико-химическим показателям, отражающим в значительной степени сукцессионные изменения островной растительности [1]. В качестве объекта исследований были выбраны наиболее распространенные на данной территории типы этих почв, которые согласно классификации почв России [2] соответствуют типу буроземов и буроземов темных. Среди последних на уровне подтипа были выделены буроземы со всеми признаками иллювиирования гумуса в их профиле – буроземы темные иллювиально-гумусовые [1]. Под дубово-липовыми лесами со слаборазвитым кустарниковым ярусом широко распространены буроземы типичные (разрез 27-02), имеющие следующее строение профиля: О-АУ-ВМ-ВМС. Под изреженным дубовыми лесами, со сравнительно хорошо развитым травяно-кустарниковым ярусом, формируются буроземы темные (разрез 21-02): AU-AUBM-BMC. Буроземы темные иллювиально-гумусовые (разрез 23-02) с набором генетических горизонтов: AU-AUBMhi-ВМһі формируются под изреженным дубовым лесом с хорошо развитым кустарниковым ярусом и травянистым напочвенным покровом. Отбор образцов из этих почв проводился по почвенным генетическим горизонтам в полевой период 2002 г. [1]. В почве определяли содержание кислоторастворимых соединений тяжелых металлов (Mn, Pb, Zn, Cu, Cd, Co, Ni, Cr) – в вытяжке 5 М HNO3 в соотношении почва – раствор 1: 5; подвижные их формы – в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) рН 4.8, соотношении почва – раствор 1:10 [3]. Все определения проводили с атомно-адсорбционным окончанием и в трехкратной повторности. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Microsoft Execel.

Результаты исследования и их обсуждение

Естественное содержание и распределение микроэлементов и тяжелых металлов в почвенном покрове в значительной степени определяется зональными процессами

почвообразования. Специфика буроземов острова Русский заключается в том, что наряду с процессами характерными для типичных буроземов континентальных территорий Приморья, таких как гумусонакопление и оглинивание верхней и средней частях почвенного профиля, в современных условиях на отдельных участках острова в буроземах активизируются аккумулятивно-гумусовый и иллювиально-гумусовый процессы почвообразования. Интенсивность проявления этих процессов в ряду рассматриваемых буроземов находится в тесной связи с состоянием растительных сукцессий, под которыми они формируются и степенью геохимического воздействия моря на почвенный покров, предопределяя формирование их морфологического и химического разнообразия. Генетические и физико-химические свойства почв являются наиболее важными факторами, ответственными за аккумуляцию и миграцию микроэлементов в почвах [4].

Рассматриваемые буроземы, формируются в условиях слабокислой реакции среды (табл. 1). С глубиной кислотность почвенного раствора возрастает, оставаясь в буроземах темных иллювиально-гумусовых в пределах слабокислой, а в буроземах типичных и буроземах темных увеличиваясь до кислой. Содержание гумуса в ряду: бурозем типичный \rightarrow бурозем темный \rightarrow бурозем темный иллювиально-гумусовый заметно возрастает не только в гумусово-аккумулятивном горизонте (11,02-14,05-14,92%), но и в нижележащем (2,00-3,41-6,23%). На этом фоне увеличивается содержание обменных щелочноземельных элементов в почвенном профиле, снижается содержание обменного водорода и величины гидролитической кислотности (12,32-11,87-7,61 мг-экв/100г почвы), что обуславливает нарастание степени насыщенности почв основаниями в горизонте AU (82–87–95%) [1].

Для оценки влияния почвенных свойств на закрепление в их профиле различных микроэлементов и тяжелых металлов был рассчитан коэффициент корреляции между содержанием микроэлементов и основными показателями почв: гумусом, рН, гидролитической кислотностью, суммой обменных катионов [5].

При интерпретации полученных данных, согласно имеющимся указаниям в нормативных и методических документах [6–7], нами использовались как региональные кларки микроэлементов [7], так и данные по фоновому содержанию кислоторастворимых форм тяжелых металлов в буроземах заповедников южного Сихотэ-Алиня [9–10].

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о высоком уровне концентрации Мп в островных буроземах (табл. 2). Содержание Мп в их гумусово-аккумулятивном горизонте колеблется от 3444,67 до 6505,15 мг/кг, что значительно превышает предложенный Головым его региональный кларк (1510 мг/кг), но остается в пределах, им же установленных максимальных значений для почв Приморья – 7000 мг/кг [8]. Максимальное содержание марганца отмечается в гумусовом горизонте буроземов темных иллювиально-гумусовых. способствует и более высокий уровень накопления его в подстилке этих почв [11], и высокое содержание в них гумуса, обладающего способностью к адсорбции Мп [3]. Профильное распределение Мп во всех буроземах острова отличается характерным максимумом в верхней части почвенного профиля. Результаты корреляционного анализа показывают заметную связь (по шкале Чеддока [5]) профильного распределения кислоторастворимого Mn с Mg (r = 0.70), а также Мп с гумусом (r = 0,61). Полученные нами результаты согласуются с данными других исследователей, отмечавших повышенный природный региональный уровень содержания Мп в буроземах Приморья. По мнению Александрова с соавторами [9], в качестве фонового показателя следует считать содержание кислоторастворимых форм Мп – 3330 мг/кг. Более высокое содержание Мп было зафиксировано в буроземах типичных Лазовского заповедника – 9846 мг/кг [10].

В меньшей степени в буроземах острова происходит биогенное накопление кислоторастворимых соединений Zn, Pb, Cu, Cd.

Содержание Zn в буроземах исследуемого ряда варьирует незначительно -91-96 мг/кг, что в 1,3 раза превышает его региональный кларк, но ниже данных (121,51 мг/кг), приводимых для аналогичных почв Лазовского и Уссурийского заповедников [9-10]. Профильное распределение Zn характеризуется отчетливым максимум в верхней части профиля и постепенным снижением в нижележащих горизонтах. Наибольшая концентрация этого элемента приходится на гумусовый горизонт буроземов типичных, что может быть связано с более кислой реакцией почвенного раствора этих почв по сравнению с другими буроземами. Цинк относится к наиболее растворимым в кислых почвах микроэлементам, и смещение рН в сторону щелочной реакции уменьшает количество его кислоторастворимых соединений [4].

Полученные данные по содержанию Рb в буроземах острова (38,0–43,5 мг/кг) в 1,2–1,4 выше значений его регионального кларка и показателей, приводимых другими авторами для данного типа почв региона [8, 9–10]. Профильное распределение Рb имеет сходный характер с распределением Zn, с максимальным уровнем накопления в верхнем горизонте буроземов типичных. Нами получены значимые положительные коэффициенты корреляции между содержанием кислоторастворимых форм Zn и Pb (r = 0,89).

Таблица 1 Физико-химические свойства буроземов острова Русский

<u></u>	Глубина, см		ŗ	Н		Мг/экв на 100 г почвы					
Горизонт		Гумус,		KCl	Гидроли- тическая кис-ть	I	10C				
		% 1 yMyC,	Н,О			По Соколову		По Гедройцу			епенн щенн почв,
			1120			Al ***	H+	H ⁺	Ca ⁺⁺	Mg^{++}	Степень на- сыщенности почв,%
Бурозем типичный, разрез 27-02											
AY	0,5–8(15)	11,02	5,8	5,0	12,32	0,18	0,08	6,18	14,58	11,37	82
BM	8(15)–38	2,00	5,3	4,3	10,10	1,53	0,03	5,10	1,82	2,34	45
BMC	38–46	1,46	5,4	4,3	10,87	2,19	0,05	5,30	1,56	3,12	47
Бурозем темный, разрез 21-02											
AU	2,5–13(27)	14,05	6,4	5,5	11,87	0,14	0,14	6,20	29,67	10,78	87
AUBM	13(27)–35	3,41	5,3	4,3	10,81	0,94	0,06	4,08	2,59	5,69	67
BMC	35(40)–58	1,38	5,5	4,2	6,27	0,74	0,03	3,23	2,03	5,06	69
Бурозем темный иллювиально-гумусовый, разрез 23-02											
AU	5–16	14,92	6,0	5,4	7,61	0,12	0,14	1,87	20,40	15,62	95
AUBMhi	16–25(27)	6,23	5,6	4,6	11,65	0,18	0,06	3,26	14,02	4,11	85
BMhi	25(27)–53	4,08	5,5	4,3	7,17	0,42	0,04	3,88	4,83	2,88	66

Концентрация кислоторастворимых форм Си в исследуемых почвах незначительно превышает его кларковые значения для почв Приморья, а с продвижением вглубь профиля снижается до величины ниже кларка. Си наряду с Рь относятся к элементам, отличающихся высокой аккумуляцией органическим веществом почв, что подтверждается высокими значениями коэффициентов корреляции между содержанием гумуса и количеством кислоторастворимых соединений Си в буроземах острова (r = 0.97). На профильное распределение Си помимо гумуса оказывает влияние реакция среды (r = 0.9) и степень насыщенности почв основаниями (r = 0.97). Сравнение данных по содержанию Си в буроземах острова показало, что уровень накопления Си возрастает от буроземов типичных к буроземам темным и буроземам темным иллювиально-гумусовых как в гумусово-аккумулятивном, так и в нижележащем горизонте.

Уровень накопления Cd в буроземах острова в 1,3–2,8 выше значений регионального кларка и максимальных значений (0,77 мг/кг), установленных для буроземов заповедников южной части Сихотэ-Алиня [8–9]. Наиболее близкие нашим результаты по концентрации Cd были получены Шутовой [10] для буроземов Лазовского заповедника (0,9–1,0 мг/кг). Накопле-

ние Cd в таких количествах в буроземах острова может быть обусловлено как его высоким сродством с гумусом (r = 0.89), так и его биогенным накоплением, о чем свидетельствует высокое содержание Cd (1.18-1.30 мг/кг) в золе мортмассы островных буроземов [11]. Профильное распределение кислоторастворимого Cd имело те же особенности, что и Cu, что подтверждается высокой корреляционной связью (r = 0.85) между Cd и Cu.

Присутствие Ni и Cr в буроземах острова в целом ниже значений региональных кларков, а Со очень близкое к кларку. Количественные показатели содержания и внутрипрофильного распределения Ni, Cr и Co связаны, прежде всего, с величиной гидролитической и обменной кислотности. Выявлена умеренная положительная связь Ni с гидролитической кислотностью и заметная – с величиной обменной кислотности. Также выявлена высокая степень положительной связи содержания кислоторастворимых соединений Ст и Со с величиной обменной кислотности и умеренная и заметная с гидролитической кислотностью. Профильное распределение кислоторастворимых соединений Ni, Cr и Co во всех исследуемых буроземах имеет однотипный характер, с максимальной аккумуляцией в иллювиальном горизонте.

Таблица 2 Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в буроземах острова Русский

Горизонт	Pb	Ni	Zn	Cr	Co	Cu	Cd	Mn			
	Бурозем типичный, разрез 27-02										
AY	43,46	14,63	<u>95,51</u>	<u>22,54</u>	<u>21,71</u>	21,62 0,20	<u>0,82</u>	4503,63			
	0,24	0,02	1,24	0,58	0,16	0,20	следы	66,24			
BM	<u>20,99</u>	<u>20,37</u>	<u>75,76</u>	<u>30,15</u>	<u>35,41</u>	<u>12,33</u>	<u>0,64</u>	<u>3771,78</u>			
	0,61	0,31	0,22	0,38	0,14	следы	следы	14,58			
	Бурозем темный, разрез 21-02										
AU	38,03	<u>13,24</u>	<u>95,05</u>	<u>15,24</u>	<u>18,89</u>	<u>27,43</u>	<u>1,19</u>	<u>3444,67</u>			
	0,20	0,21	1,84	0,12	0,44	0,10	следы	75,95			
AUBM	<u>15,59</u>	<u>14,45</u>	60,12	18,03	<u>27,33</u>	<u>14,03</u>	0,67	3043,47			
	0,30	0,24	0,43	0,56	0,14	следы	следы	7,07			
		Бурозем т	емный иллю	виально-гум	усовый, ра	зрез 23-02					
AU	41,66	<u>16,94</u>	90,85	12,31	<u>21,24</u>	<u>29,09</u>	<u>1,66</u>	6505,15			
	0,17	0,22	1,55	0,29	0,30	следы	следы	87,29			
AUBM	<u>13,21</u>	<u>17,695</u>	<u>79,59</u>	<u>14,29</u>	<u>23,55</u>	<u>17,98</u>	<u>0,84</u>	4573,241			
	0,31	0,42	0,83	0,38	0,11	0,06	следы	35,31			
BMhi	<u>6,29</u>	<u>12,09</u>	<u>45,96</u>	<u>13,76</u>	<u>20,73</u>	<u>10,37</u>	<u>0,14</u>	<u>2891,51</u>			
	0,14	0,28	0,01	0,27	0,08	0,11	следы	3,24			
Региональный	32	46	70	66	22	20	0,6	1510			
кларк в почве											

 Π р и м е ч а н и е . В числителе — содержание кислоторастворимой формы; в знаменателе — содержание подвижной формы.

Содержание подвижных форм микроэлементов и тяжелых металлов в почве особенно важно для прогнозной оценки возможностей их внутрипочвенной миграции и угрозы загрязнения почвенного профиля. В исследуемых буроземах острова Русский содержание подвижных форм основных микроэлементов и тяжелых металлов очень низкое, меньше 1мг/кг, что значительно ниже установленных для них ПДК. Более высокий уровень накопления отмечается для Мп (66–87 мг/кг) и Zn (1,24-1,84 мг/кг), но он укладывается в установленный для почв Приморья нижний диапазон их содержания [12]. Сопоставление аналитических данных профильного распределения подвижных форм микроэлементов в буроземах острова показывает как определенное сходство, так и различия.

Подвижные формы соединений Мп, Со, Zn во всех исследуемых буроземах аккумулируются в верхней части почвенного профиля. Корреляционный анализ выявил значимые коэффициенты корреляции содержания гумуса и реакции среды с распределением подвижных соединений Mn, Co, Zn. Уровень накопления подвижных соединений Мп увеличивается в ряду: бурозем типичный \rightarrow бурозем темный \rightarrow и бурозем темный иллювиально-гумусовый, на фоне увеличения в них содержания гумуса. Для Со и Zn такой закономерности не обнаружено. Относительное накопление подвижных форм Рb и Ni в подгумусовых горизонтах отчетливо прослеживается для всех исследованных почв. Корреляционный анализ показал заметную связь содержания подвижных соединений свинца с величиной обменной кислотности (r = 0.56). В отношении Ni установлена отрицательная сопряженность профильного распределения с Mg (r = -0.57).

Распределение подвижных соединений Си и Ст в буроземах острова неоднозначно. В буроземах типичных максимальное содержание подвижных форм Си и Сг отмечается в верхней части их профиля. В профиле буроземов темных только подвижные формы Си накапливаются в гумусово-аккумулятивном горизонте, а подвижные соединения Ст – в нижележащем. Для буроземов темных иллювиально-гумусовых характерна несколько иная картина. Повышенные концентрации подвижных соединений, как Си, так и Сг фиксируются в иллювиальном горизонте, что является, на наш взгляд, следствием активного развития в профиле этих почв иллювиально-гумусового процесса и увеличением в составе их гумуса доли гуминовых кислот, обладающих высокой сорбционной способностью [13].

Заключение

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что для рассматриваемого ряда буроземов острова Русский характерно незначительное варьирование по содержанию большинства тяжелых металлов и микроэлементов, а высокие концентрации их в почвах отражают природные особенности территории и высокую сорбционную способность почв буроземного ряда. Более существенные отличия в накоплении Мп и Cd в сравниваемых почвах обусловлены в первую очередь биоценотическими различиями условий их формирования. Содержание и распределение кислоторастворимых соединений Zn, Cu, Pb, Cd напрямую связано с количеством органического вещества, рН, содержанием обменного кальция и магния в почвах. В профиле всех исследуемых буроземов эти формы соединений металлов распределяются по аккумулятивному типу. Кислоторастворимые формы соединений Ni, Cr и Co аккумулируются в иллювиальном горизонте, что обусловлено особенностями их миграции и характером профильной дифференциации показателей гидролитической и обменной кислотности. Уровни концентраций подвижных соединений микроэлементов и тяжелых металлов в буроземах острова значительно ниже установленных для них ПДК. Профильное распределение их неоднозначно и в значительной мере обусловлено различиями в интенсивности проявления аккумулятивно-гумусового и иллювиально-гумусового процессов почвообразования в буроземах рассматриваемого ряда. Вследствие чего наиболее значимые коэффициенты корреляции были получены нами для подвижных форм микроэлементов с гумусом и реакцией среды (Mn, Co, Zn, Cu) и с суммой обменных оснований (Pb). Полученные результаты позволяют установить фоновые значения концентраций ряда микроэлементов и тяжелых металлов для буроземов острова Русский и могут быть использованы при проведении почвенно-экологического мониторинга.

Список литературы

- 1. Пшеничников Б.Ф. Антропогенная динамика морфологического строения и лесорастительных свойств буроземов острова Русский / Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова, Л.А. Латышева // Вестник КрасГау. 2010. № 12. С. 24—28.
- 2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- 3. Руководящий документ. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля,

- кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом в лабораториях Общегосударственной службы наблюдения и контроля загрязнения природной среды. РД 52.18.191 89. М., 1990. 32 с.
- 4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
- 5. Кремлев А.Г. Математика. Раздел «Статистика». Екатеринбург: Изд-во УрГЮА, 2001. 140 с.
- 6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
- 7. Нестерова О.В. Использование нормативных документов для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами / О.В. Нестерова, В.Г. Трегубова, В.А. Семаль // Почвоведение. 2014. № 11. C. 1375–1380.
- 8. Голов В.И., Тимофеев А.Н. Экологические и агрохимические основы производства и применения минеральных удобрений из местного агросырья на почвах Дальнего Востока // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2006. № 3. С. 110—124.
- 9. Александров М.Н. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах юга Сихотэ-Алиня / М.Н. Александров, В.А. Семаль, О.В. Нестерова // Современные исследования в естественных науках [Электронный ресурс] (CD-ROM): материалы II межд. науч. конф. (Владивосток, 26–28 августа 2015 г.). Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. С. 154–157.
- 10. Шутова Ю.А. Содержание тяжелых металлов и редких рассеянных элементов в почвах Сихотэ-Алиньского и Лазовского заповедников // Почвы Дальнего Востока России: генезис, география, картография, плодородие, рациональное использование и экологическое состояние (к 90-летию Г.И. Иванова) [Электронный ресурс] (СD-ROM): материалы IV Всерос. науч. конф. с межд. участием (Владивосток, 26–29 августа 2014). Владивосток, 2014. С. 228–232.
- 11. Макаревич Р.А. Тяжелые металлы в мортмассе некоторых элементарных геохимических ландшафтов острова Русский / Р.А. Макаревич, Л.А. Латышева // Современные проблемы регионального развития: тезисы докл. VI междунар. науч. конф. (Биробиджан, 4–6 октября 2016 г.). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2016. С. 35–38.
- 12. Голов В.И. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в пахотных почвах Дальнего Востока / В.И. Голов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. $2010.- N\!\!_{2} 6.- C. 19–22.$
- 13. Латышева Л.А. Влияние антропогенной трансформации лесной растительности на динамику содержания и состава гумуса в буроземах островных территорий юга Приморья / Л.А. Латышева // Вестн. Томск. гос. ун-та. Сер. Биология. 2014. № 2 (26). С. 23–32.

References

1. Pshenichnikov B.F. Antropogennaja dinamika morfologicheskogo stroenija i lesorastitelnyh svojstv burozemov ostrova

- Russkij / B.F. Pshenichnikov, N.F. Pshenichnikova, L.A. Latysheva // Vestnik KrasGau. 2010. no. 12. pp. 24–28.
- Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii. Smolensk: Ojkumena, 2004. 342 p.
- 3. Rukovodjashhij dokument. Metodicheskie ukazanija. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli kislotorastvorimyh form metallov (medi, svinca, cinka, nikelja, kadmija, kobalta, hroma, marganca) v probah pochvy atomnoabsorbcionnym analizom v laboratorijah Obshhegosudarstvennoj sluzhby nabljudenija i kontrolja zagrjaznenija prirodnoj sredy. RD 52.18.191 89. M., 1990. 32 p.
- 4. Kabata-Pendias A., Pendias H. Mikrojelementy v pochvah i rastenijah. M.: Mir, 1989. 439 p.
- 5. Kremlev A.G. Matematika. Razdel «Statistika». Ekaterinburg: Izd-vo UrGJuA, 2001. 140 p.
- 6. Metodicheskie ukazanija po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodorodija pochv zemel selskohozjajstvennogo naznachenija. M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2003. 240 p.
- 7. Nesterova O.V. Ispolzovanie normativnyh dokumentov dlja ocenki stepeni zagrjaznenija pochv tjazhelymi metallami / O.V. Nesterova, V.G. Tregubova, V.A. Semal // Pochvovedenie. 2014. no. 11. pp. 1375–1380.
- 8. Golov V.I., Timofeev A.N. Jekologicheskie i agrohimicheskie osnovy proizvodstva i primenenija mineralnyh udobrenij iz mestnogo agrosyrja na pochvah Dalnego Vostoka // Izvestija Dalnevostochnogo federalnogo universiteta. Jekonomika i upravlenie. 2006. no. 3. pp. 110–124.
- 9. Aleksandrov M.N. Fonovoe soderzhanie tjazhelyh metallov v pochvah juga Sihotje-Alinja / M.N. Aleksandrov, V.A. Semal, O.V. Nesterova // Sovremennye issledovanija v estestvennyh naukah [Jelektronnyj resurs] (CD-ROM): materialy II mezhd. nauch. konf. (Vladivostok, 26–28 avgusta 2015 g.). Vladivostok: Izd-vo Dalnevost. un-ta, 2015. pp. 154–157.
- 10. Shutova Ju.A. Soderzhanie tjazhelyh metallov i redkih rassejannyh jelementov v pochvah Sihotje-Alinskogo i Lazovskogo zapovednikov // Pochvy Dalnego Vostoka Rossii: genezis, geografija, kartografija, plodorodie, racionalnoe ispolzovanie i jekologicheskoe sostojanie (k 90-letiju G.I. Ivanova) [Jelektronnyj resurs] (CD-ROM): materialy IV Vseros. nauch. konf. s mezhd. uchastiem (Vladivostok, 26–29 avgusta 2014). Vladivostok, 2014. pp. 228–232.
- 11. Makarevich R.A. Tjazhelye metally v mortmasse nekotoryh jelementarnyh geohimicheskih landshaftov ostrova Russkij / R.A. Makarevich, L.A. Latysheva // Sovremennye problemy regionalnogo razvitija: tezisy dokl. VI mezhdunar nauch. konf. (Birobidzhan, 4–6 oktjabrja 2016 g.). Birobidzhan: IKARP DVO RAN FGBOU VPO «PGU im. Sholom-Alejhema», 2016. pp. 35–38.
- 12. Golov V.I. Soderzhanie mikrojelementov i tjazhelyh metallov v pahotnyh pochvah Dalnego Vostoka / V.I. Golov // Vestnik rossijskoj selskohozjajstvennoj nauki. 2010. no. 6. pp. 19–22.
- 13. Latysheva L.A. Vlijanie antropogennoj transformacii lesnoj rastitelnosti na dinamiku soderzhanija i sostava gumusa v burozemah ostrovnyh territorij juga Primorja / L.A. Latysheva // Vestn. Tomsk. gos. un-ta. Ser. Biologija. 2014. no. 2 (26). pp. 23–32.

УДК 711.455(2):712(4/9)

ТРАНСГРАНИЧНЫЕ СЕКТОРАЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ВОСТОЧНОГО СТЫКА ГРАНИЦ РОССИИ, МОНГОЛИИ И КИТАЯ КАК МАТРИЦЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

¹Новиков А.Н., ²Новикова М.С., ¹Козырева К.С.

¹ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита, e-mail: geonov77@mail.ru; ²ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, e-mail: mars.novik@mail.ru

В данной работе представлены результаты исследования трансграничных кольцевых физико-географических структур восточного стыка границ России, Монголии и Китая, напоминающих собой амфитеатр с центробежным увеличением высот от Улдза-Торейской равнины, на котором и расположен стык трёхграничья; и описывающуюся радиальной моделью. Составной частью данной модели являются лучевые и дуговые элементы, которые делятся тремя границами на сектора. В дополнение к радиальности, обусловленной высотой местности, наблюдается ортогональность, выраженная в преобладающей направленности с юго-запада на северо-восток протяжённости горных хребтов. Выявленная в представленной работе дополнительность двух моделей выражает физико-географическую матрицу, детерминирующую, например, не только современную транспортно-расселенческую структуризацию, но и будущую туристско-рекреационную пространственную трансграничную организацию.

Ключевые слова: граница, Забайкальский край, Китай, кольцевые структуры, Монголия, туристскорекреационная деятельность

TRANSBOUNDARY SECTORAL-RING STRUCTURE EASTERN JUNCTION OF THE BORDERS RUSSIA, MONGOLIA AND CHINA AS MATRIX TERRITORIAL ORGANIZATION OF TOURIST-RECREATIONAL ACTIVITIES

¹Novikov A.N., ²Novikova M.S., ¹Kozyreva K.S.

¹Transbaikal State University, Chita, e-mail: geonov77@mail.ru; ²Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, e-mail: mars.novik@mail.ru

In this paper, we present the results of an investigation of the transboundary ring physico-geographical structures of the eastern junction of the borders of Russia, Mongolia and China, resembling an amphitheater with a centrifugal increase in elevations from the Uldza-Torei plain, on which the three-bounded junction is located; And described by a radial model. Part of this model are ray and arc elements, which are divided into three sectors by sectors. In addition to the radiality due to the height of the terrain, orthogonality is observed, expressed in the predominant direction from the southwest to the northeast of the extent of the mountain ranges. The complementarity of the two models revealed in the presented work expresses the physico-geographical matrix, determining, for example, not only modern transport and settlement structure, but also the future tourist-recreational spatial cross-border organization.

Keywords: border, Chita region, China, ring structures, Mongolia, tourist and recreational activities

Современные потребности развития туристской деятельности на трансграничных территориях порождают необходимость разработки прогноза и стратегии её развития, как скоординированного процесса по обеим сторонам от границы, а в случае с международным трансграничным трёхзвенным регионом (MTTP) - между тремя сторонами от точки стыка трёхграничья. Прийти к согласованности между двумя сторонами бывает очень сложно, а между тремя сторонами поиск согласия ещё больше усложняется. Проведённые А.Н. Новиковым [8: 9] исследования взаимной организации природных транспортно-расселенческих структур МТТР восточного стыка границ России, Монголии и Китая показали, что физико-географические структуры (рельеф, природные зоны) наряду с государственной границей и стыком трёхграничья образуют географическую матрицу, которая предопределяет территориализацию общественной жизни.

В зарубежной науке МТТР рассматривают: Маркус Лейбинз (М. Leibenath) [19], анализируя причины, формы и последствия сотрудничества приграничных территорий стыка границ Германии, Польши и Чехии, отмечает, что имея сложную историю, они характеризуются экономическими диспропорциями, отсутствием общих идентичностей; Роберт Книппшилд (R. Knippschild) [18], отмечая, что физические барьеры для интеграции были сняты с вступлением в силу в 2007 г. Шенгенского соглашения; Пи-

тер Джурзек (Peter Jurczek) [17], анализируя правовые, институциональные и ментальные барьеры, которые препятствуют трёхсторонней интеграции; А. Джакоб и А. Суше (L. Jacob, A. Suchet) [16], рассматривая трансграничный регион Эспас Монблан (Espace Mont-Blanc) на стыке границ Италии, Франции и Швейцарии, поднимают проблему определения внешнего периметра (внешних границ), ставят вопрос охраны природы как первопричину трёхсторонней трансграничной интеграции, за которой последуют вопросы координации сельскохозяйственного природопользования и экологического туризма.

В представленной работе авторы ставят целью, опираясь на опыт изучения закономерностей пространственного размещения природы, населения и хозяйства МТТР восточного стыка границ России, Монголии и Китая, сделать прогноз возможной и целесообразной территориализации туристской деятельности.

Проблема организации трансграничной туристской деятельности приграничья трёх стран выражается в асимметрии уровней развития инфраструктуры, асинхронности темпов реализации социально-экономических проектов в сфере туризма, разности технических, правовых и ментальных норм и стандартов организации обслуживания туристов, что затрудняет создание единой стратегии трансграничной (территориальной) организации туристской деятельности у стыка границ трёх стран.

Забайкальский край в рамках трансграничного трёхзвенного региона должен включиться в реализацию программы создания экономического коридора Китай — Монголия — Россия, подписанной летом 2016 г. в Ташкенте. Научное сообщество должно обеспечить реализацию этой программы релевантной географической информацией в виде теоретических моделей, концепций и сценариев развития.

Данные о методологии и методике исследования (Methods)

Кольцевая пространственная организация объектов широко распространена как в макромире (орбиты планет вокруг звёзд), так и микромире (орбиты электронов вокруг ядра). В реальности мезомира кольцевая организация географических объектов тоже имеет место. Среди исследований посвящённых изучению кольцевых территориальных структур в геологии и геофизике, отметим работы М.З. Глуховского, М.И. Кузьмина [4], М.Н. Смирновой [13].

В политической географии кольцевая организация территориального могущества проанализирована В.П. Семёновым-Тянь-Шанским [12]. В географии природопользования концепцию кольцевых структур с центральной активной зоной сформулировал В.Л. Мартынов [6], а в географии населения и хозяйства кольцевой организацией занимается М.Д. Шарыгин [15]. Все отмеченные исследования объединяет только кольцевая территориальная организация исследуемых объектов; внутреннее строение, происхождение и функциональность объектов разная.

Результаты исследования и их обсуждение

МТТР восточного стыка границ России, Монголии и Китая в орографическом плане напоминает амфитеатр, где в центре располагается Улдза-Торейская равнина, окруженная горами с центробежным увеличением абсолютных высот. Именно на этой равнине располагается восточный стык государсвенных границ России, Монголии и Китая.

А.Т. Напрасников, сделавший гидролого-климатическое обоснование Забайкальской природной территории как геоэкологического ядра Евразии с характерной для него орографо-климатической изоляцией, писал: «Забайкалье представляет собой огромное мегапонижение, окружённое горами: на западе – Хамар-Дабанским и Баргузинскими хребтами; на севере – Северо-Байкальским и Становыми нагорьями; на востоке – Олёкминским Становиком и Большим Хинганом; на юге (в Монголии и Китае) – хребтами Монгольских Альп, Хингана, Хэнтэя и Иньшина» [7, с. 107]. Описанную географическую систему можно сравнить с амфитеатром. Структура амфитеатра – это радиальная модель. Кроме радиальной модели, территориальные структуры описываются ортогональной моделью. Ортогональность обусловлена преимущественной ориентацией хребтов с юго-запада на северо-восток. Такая ориентация наблюдается на западе у озера Байкал, а на востоке – у тихоокеанского побережья в Приморском крае. Две модели дополняют друг друга. Например, в ортогональной модели имеются чёткие черты концентричности. Стороны квадратов, образующиеся в результате пересечения решётчатых структур (горных хребтов и дорог, рек и дорог, дорог проходящих по котловине параллельно хребтам и пересекающих их), превращаются в концентрические круги. Действительно, в реальности дороги в межгорных котловинах проходят параллельно рекам, а те имеют дуговидные формы, впрочем, как и горные хребты, многие из которых тоже имеют черты дуговидности [8].

Как можно заметить при наложении одной модели на другую (рис. 1), квадраты трансформируются во вписанные друг в друга круги, расходящиеся концентрично от стыка трёх границ. В реальности это отклонение конфигурации хребтов и рек от линейной к дуговидной относительно стыка. В пределах Забайкальского края наблюдается стыкоцентричная дифференциация плотности транспортно-расселенческих структур (рис. 2), расчитанной авторами по методике Г.А. Гольца [2].

Представленную модель, возникшую в результате совмещения ортогональной и радиальной, можно отнести к секторально-кольцевой форме дисторсии в понимании Б.Б. Родомана [11].

Секторально-кольцевая территориализация туристско-рекреационной деятельности. Секторально-кольцевая дополнительность выражает дискретно-континуальную сущность трансграничных структур МТТР. Дискретная (дуго-луче-

вая) организация туристско-рекреационных маршрутов в виде секторов и континуальная — в виде колец складывающихся из дуг и, таким образом, преодолевающих эту дискретность. Каждый способ имеет свою специфику. Конечно, в основе лежат сответствующие конфигурации элементов трансграничной транспортной системы.

Секторальное влияние приграничного положения.

В МТТР каждая приграничная сторона — это дуго-лучевой сектор. Взаимодействие между секторами может складываться по различным сценариям.

В зависимости от уровня развития контактных функций границы МТТР представляют собой следующие варианты: двухстороннего взаимодействия, осуществляющие трансграничное взаимодействие между двумя звеньями, когда один из трёх участков государственной границы является контактным, а два других — барьерными; трёхстороннего взаимодействия, имеющего контактную функцию на всех трёх участках государственной границы. Возможен вариант отсутствия экономической контактности границы в масштабе МТТР.

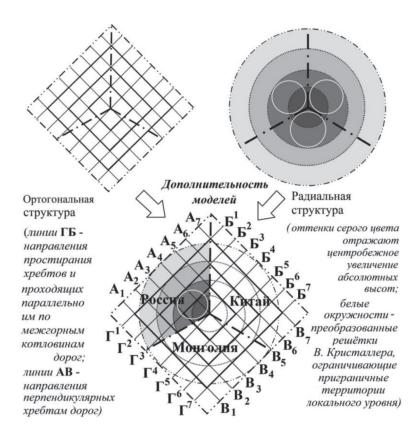


Рис. 1. Соотношение идеальных моделей МТТР восточного стыка границ России, Монголии и Китая

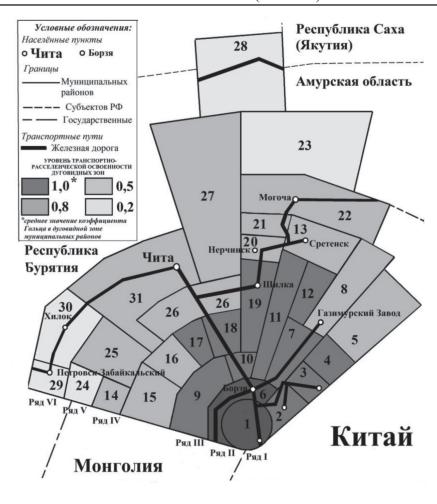


Рис. 2. Радиальная анаморфоза (дисторсия) Забайкальского края

Трёхзвенные территории, имеющие неполное – двухстороннее взаимодействие, находятся на начальной стадии трансграничной интеграции. Включению в интеграционные процессы третьего звена могут препятствовать различные причины: сложные физико-географические условия прохождения линии границы (горные цепи, реки, болота, леса). Возможны причины геополитического характера: политический режим, международное игнорирование. Есть и причины экономического характера: слабое развитие приграничной инфраструктуры или полное её отсутствие, сочетающееся с низким уровнем освоенности приграничной территории.

В Забайкальском крае складывается приграничная дуго-лучевая структура туристско-рекреационных маршрутов, её основа — это соответствующая конфигурация Транссибирской железной дороги: дуга «Петровск-Забайкальский — Чита — Мого-

ча», а луч «Забайкальск — Чита». Конечно, можно выделить сектора меньшего масштаба, где имеется дуго-лучевая организация. Например, междуречье Газимура и Аргуни, на дуго-лучевидность трасс освоения которого обратили внимание: в хозяйственном плане М.С. Новикова [10], а в информационном — А.А. Соколова [14].

Кольцевые структуры — это направления взаимопроникновения, туристические потоки устремляются по дуговидным трансграничным трассам, которые, смыкаясь на границе, могут закольцовываться. В идеале по мере удаления от стыка границ трёх государств должны сменять друг друга такие кольцевые трассы, у которых должна увеличиваться длина дуг, а региональные туристичесие потоки сменяться глобальными, которые закольцовывают мировые аттракторы. Например, вокруг восточного стыка границ России, Монголии и Китая это закольцовывание триады «Байкал — Улан-Ба-

тор (объекты связанные с Чингисханом) – Великая китайская стена».

На региональном уровне в масштабе МТТР восточного стыка границ России, Монголии и Китая охватывает Забайкальский край, аймак Дорнод (Монголия) и Автономный район Внутреннюю Монголию (Китай). На уровне географического ядра МТТР оптимальным вариантом организации международных туристских маршрутов является их закольцованность в Далайнорской котловине, например по озерам (Зун-Торей – Борун-Торей – Хух-Нуур – Буйр-Нуур (Хулун-Буйр) – Далайнор) или сответствующим ООПТ разного ранга (Даурский биосферный заповедник, «Монгол Дауур» и «Далайнор» и др.). Кольцевые маршруты могут сочетаться с проложением линейных маршрутов лучевой структуры от стыка границ трех стран или через стык границ трех стран (например, «Далайнор» – Даурский биосферный заповедник - национальный парк «Алханай» – Ивано-Арахлейский заказник). Подобная пространственная организация - практически идеальное проявление трансграничных секторально-кольцевых структур в организации туристско-рекреационной деятельности. При удалении от ядра МТТР четкость кольцевых структур несколько снижается и ярче проявляются лучевые структуры. Закольцовывать в отдельные туристские маршруты возможна через дуговые структуры разной протяжености. В частности, аттрактами кольцевых маршрутов, образованных тремя дуговыми структурами на территории сопредельных стран, могут выступать природные и истрико-культурные объекты, связанные с именем Чингисхана: Ворота Чингисхана-Чаша Чингисхана-Вал Чингисхана (Забайкальский край); Мавзолей Чингисхана, храм Чингисхана (АР Внутреняя Монголия), Бурхан-Халдун, деревня Дагал (Дорнод аймак). Дуговые структуры можно выделить на основе исторических объектов, связаных с военными действиями на реке Халхин-Гол (Музей боевой славы Халхин-Гол, Дом-музей Г.К. Жукова, собственно места боевых действий, World Anti-fascist War Hailar Memorial Park), которые связывают Дорнод аймак и Внутреннюю Монголию по линии Чойболсан – поселок Сумбэр – Хайлар.

Сочетание дуговых и лучевых структур прослеживается при организаци маршрутов религиозного туризма — одного из наиболее целесообразных в реализации туристского потенциала Забайкальского края [3]. Выделяются дуговые структуры, связанные с буддизмом (Читинский дацан — Агинский дацан — «Алханай», Ганжурский дацан (г. Хай-

лар) – храм Утасы – монастырь Да Чжао (г. Хух-Хото) и комплекс Их Бурхант (пос. Халхгол) – монастырь Данраг (г. Чойбалсан)), а на территории Забайкальского края - с православием (озеро Иргень, Кафедральный собор Казанской иконы Божией Матери, Успенская церковь в с. Калинино и др.). Таким образом, в пространственной организации религиозного туризма данного МТТР можно говорить о кольцевой структуре туристских маршрутов только относительно буддизма или межконфессиональных туристических маршрутов двух мировых религий; закольцованных структур православного религиозного туризма в границах МТТР нет. Теоретически в кольцевую структуру организации туристско-рекреационной деятельности укладываются и маршруты этнического (этнографического) туризма. Однако подобные трансграничные маршруты будут иметь большую протяженность и удаленность от центра МТТР (русское трехречье Агунь-Тэлбур-Хаул (волость Шивэй, деревни Энхэ и Линьцзянь), Аолугуя; традиционное природопользование коренных жителей сомонов Чулуунхороот, Баян-Уул, Дашбалбар и др.; быт и традиции семейских (Урлук, Архангельское, Красный Чикой и др.), бурят (Агинский, Дульдургинский и Могойтуйский районы)), что влечет усиление линейной симметрии при удалении от стыка границ, и их кольцевая структура будет несколько более условной.

В перспективе в практике туристской деятельности интерес представляют природные аттракты мирового значения, например приуроченные к зоне тектонических разломов озера Ничатка – Леприндо – Байкал – Хубсугул – дугообразная структура, определющая соотвествующую генеральную нитку туристских маршрутов или районы палеонтологических находок динозавров на территории Забайкальского края (Падь Кулинда), провинции Ляонин в Китае и пустыня Гоби в Монголии.

Заключение

Освоение территории, которое К.П. Космачёв [5] и В.И. Блануца [1] рассматривают как последовательное развертывание сетевых структур, процесс многослойный, где каждый последующий слой разворачивается поверх предыдущего. Соответственно, предыдущие слои становятся не только базисом, но и матрицей для последующих. На данном утверждении может основываться географический прогноз. Секторально-кольцевая организация уже начинает проявляться в туристско-рекреационной структуризации

восточного стыка границ России, Монголии и Китая. Этот важный момент необходимо учитывать для исключения противоестественных схем территориального планирования туристических маршрутов, а также скоординированной организации приграничных контактных звеньев.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта 226 ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет».

Список литературы

- 1. Блануца В.И. Развёртывание информационно-коммуникационной сети как географический процесс (на примере становления сетевой структуры сибирской почты) / В.И. Блануца. М.: Инфра-М, 2016. 246 с.
- 2. Гольц Г.А. Транспорт и расселение / Г.А. Гольц. М.: Наука, 1981. 248 с.
- 3. Горина К.В. Туристское позиционирование религиозных объектов Забайкальского края в информационном пространстве разных территориальных уровней / К.В. Горина, К.С. Козырева, А.Н. Новиков // Региональные исследования. -2015. -№ 1. -C. 78–87.
- 4. Глуховский М.З. Котуйканская кольцевая структура: возможное свидетельство масштабного импактного события на севере Сибирского кратона / М.З. Глуховский, М.И. Кузьмин // Геология и геофизика. -2013.-T.54, № 1.-C.3-26.
- 5. Космачёв К.П. Пионерное освоение тайги (экономи-ко-географические проблемы) / К.П. Космачёв. Новосибирск: Наука, 1981. 109 с.
- 6. Мартынов В.Л. Пространственная самоорганизация общества: взаимосвязи и взаимодействия: дис. ... д-ра геогр. наук. СПб., 2002. 200 с.
- 7. Напрасников А.Т. Гидроголо-климатические системы: геоэкологический анализ / А.Т. Напрасников Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003. 143 с.
- 8. Новиков А.Н. Философско-географическая идеализация трансграничной организации природы, населения и хозяйства восточного стыка границ России, Монголии и Китая / А.Н. Новиков // Гуманитарный вектор. Серия: Философия. Культурология. 2015. № 2 (42). С. 81–88.
- 9. Новиков А.Н. Приграничное положение Забайкальского края в трансграничном трёхзвенном регионе: роль в территориальной организации населения и хозяйства / А.Н. Новиков Чита: Изд-во Забайкал. гос. ун-т., 2015. 94 с.
- 10. Новикова М.С. Экономико-географические особенности освоения юго-восточных районов Забайкальского края / М.С. Новикова. Новосибирск: Гео, 2014. 161 с.
- 11. Родоман Б.Б. Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии / Б.Б. Родоман. Смоленск: Ойкумена, 1999. 256 с.
- 12. Семёнов-Тянь-Шанский В.П. О могущественном территориальном владении применительно к России / В.П. Семёнов-Тянь-Шанский // Изв. Император. Рус. геогр. о-ва. -1915. Т. 51. Вып. 8. С. 425–457.
- 13. Смирнова М.Н. Нефтегазоносные кольцевые структуры каналы миграции углеводородных флюидов / М.Н. Смирнова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. -2002. № 5. C. 20–26.
- 15. Шарыгин М.Д. Территориальные общественные системы (региональный и локальный уровни организации и управления): избр. тр. / М.Д. Шарыгин. Пермь: Изд-во ПГУ, 2003. 260 с.
- 16. Jacob L. Territorial thinking and the legal framework in cross-border cooperation: the recent situation and fieldwork results in the western Alps / L. Jacob, A. Suchet // European Journal of Geography. -2013. -Vol. 4, N 4. -P. 20-32.
- 17. Jurczek P. Cross-border cooperation in the German-Czech-Polish border region at the turn of the century / P. Jurczek // Journal of Borderlands Studies. 2002. Vol. 7, Issue 2. P. 97–104.

- 18. Knippschild R. Cross-Border Spatial Planning: Understanding, Designing and Managing Cooperation Processes in the German–Polish–Czech Borderland / R. Knippschild // European Planning Studies. 2011. Vol. 19, Issue 4. P. 629–645.
- 19. Leibenath M. Europeanisation of Cross-border Governance? A Case Study on the Cause, Form and Consequences of a Co-operation Project in the German–Polish–Czech Border Triangle / M. Leibenath // Space and Polity. 2007. Vol. 11, Issue 2. P. 151–167.

References

- 1. Blanuca V.I. Razvjortyvanie informacionno-kommunikacionnoj seti kak geograficheskij process (na primere stanovlenija setevoj struktury sibirskoj pochty) / V.I. Blanuca. M.: Infra-M, 2016. 246 p.
- 2. Golc G.A. Transport i rasselenie / G.A. Golc. M.: Nauka, 1981. 248 p.
- 3. Gorina K.V. Turistskoe pozicionirovanie religioznyh obektov Zabajkalskogo kraja v informacionnom prostranstve raznyh territorialnyh urovnej / K.V. Gorina, K.S. Kozyreva, A.N. Novikov // Regionalnye issledovanija. 2015. no. 1. pp. 78–87.
- 4. Gluhovskij M.Z. Kotujkanskaja kolcevaja struktura: vozmozhnoe svidetelstvo masshtabnogo impaktnogo sobytija na severe Sibirskogo kratona / M.Z. Gluhovskij, M.I. Kuzmin // Geologija i geofizika. 2013. –T. 54, no. 1. pp. 3–26.
- 5. Kosmachjov K.P. Pionernoe osvoenie tajgi (jekonomikogeograficheskie problemy) / K.P. Kosmachjov. Novosibirsk: Nauka, 1981. 109 p.
- 6. Martynov V.L. Prostranstvennaja samoorganizacija obshhestva: vzaimosvjazi i vzaimodejstvija: dis. ... d-ra geogr. nauk. SPb., 2002. 200 p.
- 7. Naprasnikov A.T. Gidrogolo-klimaticheskie sistemy: geojekologicheskij analiz / A.T. Naprasnikov Irkutsk: Izd-vo Inta geografii SO RAN, 2003. 143 p.
- 8. Novikov A.N. Filosofsko-geograficheskaja idealizacija transgranichnoj organizacii prirody, naselenija i hozjajstva vostochnogo styka granic Rossii, Mongolii i Kitaja / A.N. Novikov // Gumanitarnyj vektor. Serija: Filosofija. Kulturologija. 2015. no. 2 (42). pp. 81–88.
- 9. Novikov A.N. Prigranichnoe polozhenie Zabajkalskogo kraja v transgranichnom trjohzvennom regione: rol v territorialnoj organizacii naselenija i hozjajstva / A.N. Novikov Chita: Izd-vo Zabajkal. gos. un-t., 2015. 94 p.
- 10. Novikova M.S. Jekonomiko-geograficheskie osobennosti osvoenija jugo-vostochnyh rajonov Zabajkalskogo kraja / M.S. Novikova. Novosibirsk: Geo, 2014. 161 p.
- 11. Rodoman B.B. Territorialnye arealy i seti. Ocherki teoreticheskoj geografii / B.B. Rodoman. Smolensk: Ojkumena, 1999. 256 p.
- 12. Semjonov-Tjan-Shanskij V.P. O mogushhestvennom territorialnom vladenii primenitelno k Rossii / V.P. Semjonov-Tjan-Shanskij // Izv. Imperator. Rus. geogr. o-va. 1915. T. 51. vyp. 8. pp. 425–457.
- 13. Smirnova M.N. Neftegazonosnye kolcevye struktury kanaly migracii uglevodorodnyh fljuidov / M.N. Smirnova // Geologija, geofizika i razrabotka neftjanyh i gazovyh mestorozhdenij. 2002. no. 5. pp. 20–26.
- 14. Sokolova A.A. Argunskoe poreche: territorialnaja differenciacija informacionnogo prostranstva (na materiale russkoj dialektnoj leksikografii i toponimiki) / A.A. Sokolova // Gumanitarnyj vektor. 2017. T. 12, no. 1. pp. 161–169.
- 15. Sharygin M.D. Territorialnye obshhestvennye sistemy (regionalnyj i lokalnyj urovni organizacii i upravlenija): izbr. tr. / M.D. Sharygin. Perm: Izd-vo PGU, 2003. 260 p.
- 16. Jacob L. Territorial thinking and the legal framework in cross-border cooperation: the recent situation and fieldwork results in the western Alps / L. Jacob, A. Suchet // European Journal of Geography // 2013. Vol. 4, N_2 4. P. 20–32.
- 17. Jurczek P. Cross-border cooperation in the German-Czech-Polish border region at the turn of the century / P. Jurczek // Journal of Borderlands Studies. 2002. Vol. 7, Issue 2. pp. 97–104.
- 18. Knippschild R. Cross-Border Spatial Planning: Understanding, Designing and Managing Cooperation Processes in the German–Polish–Czech Borderland / R. Knippschild // European Planning Studies. 2011. Vol. 19, Issue 4. pp. 629–645.
- 19. Leibenath M. Europeanisation of Cross-border Governance? A Case Study on the Cause, Form and Consequences of a Co-operation Project in the German–Polish–Czech Border Triangle / M. Leibenath // Space and Polity. 2007. Vol. 11, Issue 2. pp. 151–167.

УДК 55:631.48(571.63)

СПЕЦИФИКА ФОРМИРОВАНИЯ БУРОЗЕМОВ ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА РИКОРДА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

¹Пшеничников Б.Ф., ²Пшеничникова Н.Ф.

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: bikinbf@mail.ru; ²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: n.f.p@mail.ru

Показана специфика условий формирования буроземов на побережье острова Рикорда: своеобразие рельефа и литогенной основы, муссонность климата с господством моросящих осадков, приносящих соли с морской акватории, разнообразие растительного покрова. Проведен анализ морфологического строения буроземов, сформированных на красноцветных корах выветривания, свидетельствующий о полигенетичности их профиля. Дана характеристика своеобразия физико-химических свойств и показана их связь с пирогенным фактором и капельно-импульверизационным привносом морской влаги. Показана элюво-иллювиальная внутрипрофильная дифференциация валовых форм железа и алюминия, отражающая развитие процесса оподзоливания: вынос полуторных окислов из оподзоленного горизонта АУЕL и относительное накопление в нем кремнезема. Отмечено более высокое содержание валовых калия и натрия в рассматриваемых буроземах и преобладание натрия над калием, что является показателем активного геохимического воздействия моря на формирование буроземов побережья о-ва Рикорда.

Ключевые слова: остров, буроземы, условия формирования, коры выветривания, морфологическое строение профиля, почвообразование, полигенетичность, влияние моря

SPECIFITY OF BUROZEM FORMATION AT RIKORD ISLAND COAST (PETER THE GREAT GULF, PRIMORSKY KRAI)

¹Pshenichnikov B.F., ²Pshenichnikova N.F.

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: bikinbf@mail.ru; ²Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, e-mail: n.f.p@mail.ru

The research focuses on burozem formation conditions of Rikord Island coast such as specific relief and parent rock material, monsoon climate with dominant drizzle precipitation and sea salt input, and diverse plant cover. Morphologic structure analysis of burozems on relic red residue gives evidence of the burozem profile polygenic nature. Physical and chemical properties of the island coast burozems show notable influence of pyrogenic processes and seawater and airborne salt input on the local soil formation. Eluvial/illuvial in-profile distribution of total Fe and Al reflects podsolization processes: sesquioxide washout and silica accumulation in horizon AYEL. High levels of total K and Na as well as Na/K ratio reflect active geochemical effect of the sea on the burozem formation at Rikord Island coast.

Keywords: island, burozem, soil formation conditions, residue, profile morphologic structure, pedogenesis, polygenic nature, sea effect

Среди проблем островного почвообразования наименее изучена специфика формирования буроземов на островных территориях юга Дальнего Востока (ДВ), в частности, на островах залива Петра Великого (ЗПВ). Остров Рикорда, по мнению С.В. Зонна, является «типичным объектом для проведения исследований по выяснению особенностей выветривания и почвообразования. Здесь оно происходит в условиях постоянно высокой влажности воздуха, заплески волн смачивают обнажения прибрежных пород, и коры выветривания формируются под их непосредственным воздействием. В прибрежной части острова импульверизационное и капельное увлажнение охватывает всю толщу обнажающихся почв и коры выветривания» [1, с. 124]. В результате этого в составе атмосферных осадков прибрежных районов возрастает содержание хлора, натрия, магния и других ионов, а по мере удаления от берега оно уменьшается. С.В. Зонн одним из первых обратил внимание на геохимическое воздействие моря на процессы почвообразования прибрежных и островных территорий Японского моря. С учетом этого влияния он предложил выделять их как прибрежно-островную зону с характерным для нее гидротермически-импульверизационным режимом почвообразования [1].

Анализ литературных данных по химическому составу атмосферных осадков над континентальной и океанической частями Дальнего Востока, по динамике химического состава почвенных растворов свидетельствует о их влиянии на генезис и географию буроземов ДВ [2].

Цель данного исследования – показать специфику формирования приокеанических буроземов острова Рикорда в условиях геохимического влияния моря.

Материалы и методы исследования

Площадь острова Рикорда составляет 492 га. Он – четвертый по величине в заливе Петра Великого; простирается на 4,4 км с северо-востока на юго-запад с возвышенностями: на северо-востоке до 178 м н.у.м. и на юго-западе до 90-115 м н.у.м. В центральной части он разделен седловиной с абсолютной высотой около 25 м. Сложен эффузивными породами, в наиболее высоких частях острова перекрытых кварцевыми порфирами. Характеризуется муссонным типом климата с максимальным количеством выпадающих осадков в летне-осенний период, когда ливневые дожди сочетаются с моросящими осадками при преобладании восточных и юго-восточных ветров, приносящих на побережье морские соли. Остров характеризуется высоким биоразнообразием, обусловленным, с одной стороны, наличием дериватов растительности материковой части южного Приморья, а с другой - островной спецификой приокеанического климата [3]. Почти половина его площади покрыта лесами, преимущественно дубовыми и липовыми с участием березы черной и маньчжурской, диморфанта, маакии амурской, ясеня маньчжурского, бархата амурского, граба сердцелистного и др. Обезлесенная срединная часть острова занята в основном закустаренными гмелинополынниками с редким возобновлением ясеня носолистного, липы амурской, березы даурской и других пород деревьев. Среди кустарников широко распространены шиповник Максимовича и леспедеца двухцветная.

Почвенный покров гористой части острова характеризуется большим разнообразием и включает буроземы типичные, буроземы оподзоленные, буроземы темные, буроземы темные иллювиально-гумусовые, неполноразвитые буроземы. На заболоченных бессточных ложбинах под осоково-разнотравными лугами формируются лугово-болотные почвы в комплексе с торфяниками. На низменных приморских участках распространены засоленные маршевые почвы. В ряде мест на острове Рикорда буроземы формируются на желтоцветных и красноцветных реликтовых корах выветривания. Морфологическое строение и физико-химические свойства буроземов, сформировавшихся на желтоцветных корах выветривания, рассмотрены ранее С.В. Зонном [1]. Сведения о буроземах, развитых на береговых обнажениях красноцветных кор выветривания, отсутствуют, что определило их как объект наших исследований.

Исследования почвенного покрова проводились на основании сравнительно-географического метода, что позволило выявить специфику условий формирования, морфологического строения буроземов в зависимости от литологической основы, положения в рельефе и геохимического влияния моря. Аналитическая обработка материала проводилась общепринятыми методами [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассматриваемые буроземы выделены нами на обнажении побережья бухты Восточная острова Рикорда. В пределах профиля прослеживается резко выраженная дифференциация по окраске. Верхняя часть (мощностью 40 см) представляет собой современный элементарный почвенный профиль (ЭПП) с преобладанием серой, буровато-серой окраски, а нижняя часть (от 40 до 200 см) представляет собой реликтовую красноцветную кору выветривания. Согласно современным представлениям [5], их следует рассматривать как простые полигенетичные буроземы, совмещающие в почвенном профиле разновозрастные типы почвообразования, то есть наличие в почвенном профиле реликтовых и современных признаков почвообразования.

Приводим морфологическое описание одного из разрезов, характеризующее простые полигенетичные буроземы на красноцветной коре выветривания острова Рикорда.

Разрез 50–09 заложен на побережье центральной части бухты Восточная острова Рикорда, в 5–7 м от обрыва к морю на выположенном склоне восточной экспозиции крутизной 8°. Абсолютная высота около 60 м над уровнем моря. Растительность: полыно-разнотравная. В травостое (проективное покрытие до 80%, высота 50–60 см) преобладают (в порядке убывания): полыни Гмелина и Сиверса, сосюрея хорошенькая, патриния; в кустарниковом ярусе (проективное покрытие 30–40%) — шиповник Максимовича. Единично наличие возобновления древостоя — груши.

О 0–2 см. Подстилка, состоящая из грубого (практически неразложившегося) опада — преимущественно веточек шиповника и стеблей полыни Гмелина, есть включения скелета размером 0,3–2,5 см (до 10% от объема), переход резкий.

АУ 2-14(18) см. Темновато-серый, сухой, мелкокомковато-порошистый, тяжелосуглинистый, рыхлый, густо переплетен корешками растений, включения частичек древесного

угля, скелет размером 1–2,5 см составляет до 15% от объема, переход, ясный, языковатый.

АУЕЬ 14(18)—28 см. Серовато-белесый, свежий, тяжелосуглинистый, структура мелко-комковатая, обломки породы (30—40% от объема) размером до 5—7 см, включения единичных частичек древесного угля, плотный, переход постепенный.

ВМС 28–40 см. Неоднородный по окраске: сочетание желтовато-серого и красного цвета, свежий, глинистый, мелкокомковатый, плотный, сильноскелетный (до 85–90% от объема), обломки размером от 3–5–7 см до 10–15 см уплощенной формы с острыми углами и ориентированные по направлению склона, включения частичек древесного угля, переход ясный.

С 40–200 см. Красноцветная кора выветривания, влажная, крупнокомковато-комковатая, тяжелосуглинисто-глинистая. Интенсивность окраски и содержание скелета варьируют по глубине: в пределах глубины 40-50 см присутствуют обломки размером 7-10 см; на глубине 50-70 см есть включения единичных древесных угольков, обломки значительно мельче размером, а цвет отложений приобретает более красные тона; на глубине 80–100 см скелет легко крошится и растирается пальцами до пыли красного цвета с остатками зерен светло-серо-розового цвета; на глубине 110-130 см выделяется яркая красноватая глинистая прослойка без включения скелета; с глубины 140–160 см окраска остается прежней, но появляется сильно выветрелый скелет, составляющий до 30% от объема почвенной массы, размером до 7-12 см; с глубины 170-180 см сохраняется яркий красноватый цвет с включением крупных обломков красного цвета с вкраплениями серовато-белого цвета, на изломе с темно-коричневыми кутанами; ниже глубины 200 см мелкозем практически отсутствует и отложения представлены обломками породы (кварцевые порфиры).

Почва: бурозем оподзоленный на красноцветной коре выветривания.

Описание профиля свидетельствует о его полигенетичности. Верхняя часть (O-AY-AYEL-BMC) — это современный профиль оподзоленного бурозема, сформированный на делювиальных отложениях, которые перекрыли сильновыветрелую глинистую красноцветную кору выветривания. Характерной чертой этих почв является наличие включений частиц древесного угля по всем генетическим горизонтам до глубины 70 см.

Профиль рассматриваемых буроземов характеризуется своеобразием не только морфологического строения, но и физико-химических свойств [6].

Рассматриваемые буроземы формируются в условиях сильнокислой реакции среды (табл. 1) – рН солевой по всему профилю колеблется от 4,23 до 4,59, исключение составляет гумусовый горизонт, который имеет слабокислую реакцию среды – 4,79, что, вероятно, связано с частыми пожарами травянистой растительности. Величина рН водного меняется вниз по профилю от слабокислых в аккумулятивно-гумусовом горизонте АУ (5,67) до нейтральных значений в нижележащих горизонтах, что, видимо, обусловлено капельно-импульверизационным привносом морской влаги.

Таблица 1 Физико-химические свойства буроземов острова Рикорда

Гори-	Глубина,	Глубина	Гумус	p	Н	M	%				
ЗОНТ	СМ	взятия образца,	по Тюрину,			улитиче- кислот- ость		Обменные катионы по Гедройцу			
		СМ		H_2O	KCl	Гидролитиче ская кислот- ность	$\mathrm{H}^{\scriptscriptstyle{+}}$	Ca ⁺⁺	Mg^{++}	Степень на- сыщенности основаниями,	
AY	2-14(18)	3–13	11,78	5,67	4,79	9,63	0,82	17,02	11,01	74	
AYEL	14(18)–28	16–26	1,81	6,60	4,59	5,25	0,40	5,60	4,39	66	
BMC	28–40	29–39	1,07	6,66	4,35	4,03	0,20	7,70	6,88	78	
С	40–200	40–50	0,60	6,54	4,25	3,85	0,41	9,08	1,24	73	
С	40–200	55–65	1,10	6,32	4,25	3,50	0,42	10,74	9,04	85	
С	40–200	85–95	0,93	6,35	4,23	3,50	0,62	11,48	8,20	85	
С	40–200	115–125	1,09	6,40	4,26	3,33	1,64	13,96	6,98	86	
С	40–200	145–155	0,72	6,32	4,23	3,50	1,67	14,13	7,98	89	
С	40–200	170–180	0,41	6,33	4,44	2,98	1,44	10,70	5,04	84	

	Таблица 2
Валовой химический состав мелкозема буроземов острова Рикорда	
(в % на прокаленную навеску)	

Горизонт	Потеря при прокаливании	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R_2O_3	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂ Fe ₂ O ₃	SiO ₂ Al ₂ O ₃	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R,O}_2}$
	F									-2 - 3	2 - 3	2 - 3
AY	19,15	61,59	15,46	8,95	24,41	2,37	1,70	3,67	3,87	18,31	6,76	4,94
AYEL	7,07	64,44	15,44	7,40	22,84	1,82	1,98	3,73	3,86	23,17	7,08	5,42
BMC	7,32	63,49	18,34	7,54	25,88	1,51	2,16	2,65	2,09	22,40	5,88	4,65
C 55-65	7,72	60,11	20,98	8,23	29,21	1,18	2,12	2,79	1,64	19,43	4,86	3,89
C 115-125	8,10	59,90	20,35	8,16	28,51	1,86	1,33	2,58	2,04	19,52	5,00	3,98

Исследования Н.М. Костенкова и С.В. Клышевской, проведенные на трансекте длиной в 1,5 км (морское побережье – континентальная часть п-ва Гамова ЗПВ), показали, что «процессы импульверизации несомненно оказывают влияние на солевой состав водной вытяжки почв прибрежноморской зоны, которая приобретает хлоридно-натриевый состав, хотя на континентальной части обычно почвенные растворы гидрокарбонатно-кальциевые» [7].

Данные валового химического состава мелкозема рассматриваемых буроземов свидетельствуют о элюво-иллювиальной внутрипрофильной дифференциации валовых форм железа и алюминия (табл. 2).

Такая закономерность их распределения отражает развитие процесса оподзоливания: вынос полуторных окислов из оподзоленного горизонта AYEL и относительное накопление в нем кремнезема (64,44%). Это обуславливает увеличение молекулярных отношений для SiO₂:Al₂O₃ с 6,76 в горизонте AY до 7,08 в горизонте AYEL, и соответственно для SiO₂:Fe₂O₃ – с 18,31 до 23,17 и в целом для полуторных окислов SiO₃:R₂O₃ – с 4,94 до 5,42.

Профильная динамика валового содержания Al_2O_3 и R_2O_3 , а также молекулярных отношений SiO_2 : Al_2O_3 и SiO_2 : R_2O_3 свидетельствует о развитии каолинизации в красноцветной коре выветривания. Ранее С.В. Зонн [8] отмечал, что это явление характерно для всей прибрежной территории Японского и Желтого морей.

Содержание валового кальция изменяется по профилю в пределах 1,18–2,37%. Максимальное его количество, связанное с биогенным накоплением, приходится на горизонт АУ – 2,37% и постепенно уменьшается с глубиной до 1,18%; в дальнейшем, на глубине 115–165 см, возрастает до 1,86%. Распределение магния имеет четко выраженный элюво-иллювиальный внутри-

профильный характер — вынос из верхней части профиля (гор. AY и AYEL) и накопление в нижележащей толще.

Рассматриваемые буроземы отличаются повышенным содержанием валовых форм калия и натрия (3,73 и 3,87 соответственно). В верхних горизонтах (АУ и АУЕL) их содержанием максимальное, что связано с капельно-импульверизационным поступлением этих элементов с морскими водами.

Согласно данным Е.В. Аринушкиной в России «валовое содержание щелочных металлов в верхнем горизонте почв сравнительно невелико и колеблется для K_2O в пределах 1,29–2,35, для Na_2O в пределах 0,58–1,88. В большинстве случаев содержание K_2O превышает содержание Na_2O по всему профилю и только в засоленных почвах соотношение щелочных металлов обычно изменяется в сторону увеличения содержания натрия» [4, с. 246].

Более высокое содержание валовых калия и натрия в рассматриваемых буроземах острова Рикорда, и при этом преобладание натрия (3,87–3,86) над калием (3,67–3,73) является показателем активного геохимического воздействия моря на их формирование [9].

Заключение

Проведенное исследование свидетельствует о том, что своеобразие морфологического облика и свойств рассматриваемых буроземов острова Рикорда обуславливается тремя факторами.

Во-первых, оно определяется условиями формирования на современных делювиальных отложениях, перекрывающих реликтовые красноцветные коры выветривания, что обуславливает резкую дифференциацию почвенной толщи на верхнюю часть — современный профиль оподзоленных буроземов с преобладанием серых, темно-серых тонов окраски и нижнюю — реликтовую красноцветную кору выветривания.

Во-вторых, капельно-импульверизационное воздействие морских вод обуславливает слабокислую до нейтральной среду водной вытяжки и повышенное содержание валовых форм калия и натрия. Преобладание содержания натрия в поверхностных горизонтах (АУ и АУЕL) над содержанием калия, согласно сложившимся представлениям [4], свидетельствует о наложении процессов засоления и осолодения на формирование оподзоленных буроземов на красноцветных корах выветривания острова Рикорда. Это положение созвучно мнению Г.И. Иванова [10] о том, что развитие процессов осолодения почв может быть вызвано натечными поверхностными слабощелочными водами, что и имеет место на исследуемой нами территории в условиях геохимического воздействия моря.

В-третьих, морфохимическое своеобразие рассматриваемых почв в значительной степени определяется активным пирогенным воздействием.

Исследования выполнены при финансовой поддержке $P\Phi\Phi H$ (проект № 15-05-01419) и программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» на 2015—2017 гг. (проекты № 15-I-6-058, 15-II-6-037).

Список литературы

- 1. Зонн С.В. Особенности аллитного почвообразования на островах Приморья и Дальнего Востока [Текст] / С.В. Зонн // Изучение и освоение природной среды. М.: Наука, 1976. С. 125—137.
- 2. Пшеничников Б.Ф. Влияние интерференции геохимического воздействия Тихого океана, биоты, внутрипрофильного выветривания на генезис и географию почв юга Дальнего Востока [Текст] / Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова // Рук. Деп. в ВИНИТИ 15.03.05. № 349-В2005. 7 с.
- 3. Недолужко В.А. Растительный покров острова Рикорда в заливе Петра Великого (Японское море) [Текст] / В.А. Недолужко, А.П. Добрынин // Исследование растительного покрова российского Дальнего Востока. (Тр. Бот. садов ДВО РАН / Гл. ред. В.А. Недолужко). Владивосток: Дальнаука, 1999. Т. 1. С. 173–192.
- 4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. М.: Изд-во МГУ, 1961. 492 с.
- 5. Турсина Т.В. Подходы к изучению литологической однородности профиля и полигенетичности почв [Текст] / Т.В. Турсина // Почвоведение. 2012. № 5. С. 530–546.
- 6. Пшеничников Б.Ф. Полигенетичные буроземы острова Рикорда (залив Петра Великого) [Текст] / Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природно-ресурсных и социально-экономических отношений. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 237–242.

- 7. Костенков Н.М. Влияние процессов импульверизации на содержание солей в почвах прибрежных морских ландшафтов [Текст] / Н.М. Костенков, С.В. Клышевская // Вестник КрасГАУ. 2014. 10. С. 10. С. 10. 81–84.
- 8. Зонн С.В. О почвообразовании, генетических особенностях и освоении почв КНДР [Текст] / С.В. Зонн // Генезис и география почв зарубежных стран по исследованиям советских географов. М.: Наука, 1978. С. 58–82.
- 9. Пшеничников Б.Ф. Роль геохимического воздействия моря на формирование буроземов побережья острова Рикорда (залив Петра Великого, Приморский край) [Текст] / Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова // Геохимия ландшафтов (к 100-летию А.И. Перельмана): доклады Всерос. науч. конф. (Москва, 18–20 окт. 2016 г.). М.: Географический факультет МГУ, 2016. С. 445–449.
- 10. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока [Текст] / Г.И. Иванов. М.: Наука, 1976. 200 с.

References

- 1. Zonn S.V. Osobennosti allitnogo pochvoobrazovanija na ostrovah Primorja i Dalnego Vostoka [Tekst] / S.V. Zonn // Izuchenie i osvoenie prirodnoj sredy. M.: Nauka, 1976. pp. 125–137.
- 2. Pshenichnikov B.F. Vlijanie interferencii geohimicheskogo vozdejstvija Tihogo okeana, bioty, vnutriprofilnogo vyvetrivanija na genezis i geografiju pochv juga Dalnego Vostoka [Tekst] / B.F. Pshenichnikov, N.F. Pshenichnikova // Ruk. Dep. v VINITI 15.03.05. no. 349-V2005. 7 p.
- 3. Nedoluzhko V.A. Rastitelnyj pokrov ostrova Rikorda v zalive Petra Velikogo (Japonskoe more) [Tekst] / V.A. Nedoluzhko, A.P. Dobrynin // Issledovanie rastitelnogo pokrova rossijskogo Dalnego Vostoka. (Tr. Bot. sadov DVO RAN / Gl. red. V.A. Nedoluzhko). Vladivostok: Dalnauka, 1999. T. 1. pp. 173–192.
- 4. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv [Tekst] / E.V. Arinushkina. M.: Izd-vo MGU, 1961. 492 p.
- 5. Tursina T.V. Podhody k izucheniju litologicheskoj odnorodnosti profilja i poligenetichnosti pochv [Tekst] / T.V. Tursina // Pochvovedenie. 2012. no. 5. pp. 530–546.
- 6. Pshenichnikov B.F. Poligenetichnye burozemy ostrova Rikorda (zaliv Petra Velikogo) [Tekst] / B.F. Pshenichnikov, N.F. Pshenichnikova // Geosistemy i ih komponenty v Severo-Vostochnoj Azii: jevoljucija i dinamika prirodno-resursnyh i socialno-jekonomicheskih otnoshenij. Vladivostok: Dalnauka, 2016. pp. 237–242.
- 7. Kostenkov N.M. Vlijanie processov impulverizacii na soderzhanie solej v pochvah pribrezhnyh morskih landshaftov [Tekst] / N.M. Kostenkov, S.V. Klyshevskaja // Vestnik Kras-GAU. 2014. no. 10. pp. 81–84.
- 8. Zonn S.V. O pochvoobrazovanii, geneticheskih osobennostjah i osvoenii pochv KNDR [Tekst] / S.V. Zonn // Genezis i geografija pochv zarubezhnyh stran po issledovanijam sovetskih geografov. M.: Nauka, 1978. pp. 58–82.
- 9. Pshenichnikov B.F. Rol geohimicheskogo vozdejstvija morja na formirovanie burozemov poberezhja ostrova Rikorda (zaliv Petra Velikogo, Primorskij kraj) [Tekst] / B.F. Pshenichnikov, N.F. Pshenichnikova // Geohimija landshaftov (k 100-letiju A.I. Perelmana): doklady Vseros.nauch. konf. (Moskva, 18–20 okt. 2016 g.). M.: Geograficheskij fakultet MGU, 2016. pp. 445–449.
- 10. Ivanov G.I. Pochvoobrazovanie na juge Dalnego Vostoka [Tekst] / G.I. Ivanov. M.: Nauka, 1976. 200 p.

УДК 551.242:528

СОВРЕМЕННАЯ КИНЕМАТИКА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРГУНСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО МАССИВА (ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА)

Серов М.А., Жижерин В.С.

ФГБУН Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук, Благовещенск, e-mail: serov@ascnet.ru

В статье представлены данные о современных движениях северной части Аргунского континентального массива. Они основаны на геодезических измерениях с использованием GPS технологий и геолого-геофизической информации. Исследования проводились на геодинамическом полигоне, охватывающем территорию с координатами от 121 до 128 градусов в.д. и от 53 до 56 градусов с.ш. Современная геодинамика и сейсмичность исследуемого региона в значительной мере определяются взаимодействием Евразийской и Амурской литосферных плит, область сопряжения которых представляет собой транзитную зону, состоящую из подвижных тектонических блоков, ограниченных сейсмоактивными разломами. В результате обработки GPS данных было получено векторное поле скоростей смещений пунктов геодинамического полигона Верхнего Приамурья. Установленные параметры смещений (направление, величина) свидетельствуют об однородности векторного поля скоростей точек, принадлежащих северной части Аргунского массива, и отсутствии в его пределах значимых подвижек (разности в компонентах векторов не превышают первые мм в год). Сделан вывод о кинематической целостности северной части Аргунского массива на современном этапе.

Ключевые слова: современная геодинамика, GPS-геодезия, Центрально-Азиатский складчатый пояс, Аргунский массив

PRESENT-DAY KINEMATICS OF THE NORTHERN PART OF THE ERGUNA CONTINENTAL MASSIF (EASTERN PART OF THE CENTRAL ASIAN FOLD BELT)

Serov M.A., Zhizherin V.S.

Science federal state budgetary institution Institute of geology and environmental management of Far East office of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, e-mail: serov@ascnet.ru

The paper presents data of modern movements in the northern part of the Argun continental massif. That data are based on geodetic measurements using GPS technology and geological and geophysical information. Measurements were carried out at the geodynamic range, covering the territory with coordinates from 121 to 128 degrees east and from 53 to 56 degrees north. Modern geodynamics and seismicity of the region are largely determined by the interaction of the Eurasian and Amur lithospheric plates, the conjugation zone of which is a transit zone consisting from many mobile tectonic blocks limited by seismically active faults. As a result of GPS data processing, a vector field of displacement velocities of geodynamic polygon sites in the Upper Amur region was obtained. The established displacement parameters (direction, magnitude) indicate the homogeneity of the vector field of points displacement belonging to the northern part of the Argun massif and the absence of significant motions in its range (the differences in the vector components do not exceed the first mm per year). A conclusion is made about the kinematic integrity of the northern part of the Argun massif at the present stage.

Keywords: modern geodynamics, GPS-geodesy, Central Asian folded belt, Argun massif

Тектоническая эволюция Восточной Азии, представляющей собой сложный коллаж разновозрастных геологических структур, издавна привлекает внимание исследователей. Согласно существующим представлениям [1, 2], здесь выделяются Северо-Азиатский и Северо-Китайский кратоны, между которыми зажаты Аргунский (Керулен-Аргуно-Мамынский), Буреинско-Цзямусинский континентальные массивы (супертеррейны), разделенные палеозойскими и позднепалеозойско-раннемезозойскими складчатыми поясами.

Одним из наиболее дискутируемых аспектов является современная геодинамика этого региона, которая обычно рассматривается в русле взаимодействия Евразийской и Амурской плит. Область этого

взаимодействия по [3, 4] представляет собой широкую полосу (до 400 км) активизации эндогенных процессов. Северным ограничением этой полосы, протягивающейся от озера Байкал на западе, до Удской Губы Охотского моря на востоке, выступает Олекмо-Становая сейсмическая зона, южным — Тукурингра-Джагдинская.

По существующим представлениям кинематические характеристики взаимодействующих Евразийской и Амурской плит практически идентичны [5], скорость смещения Амурской плиты относительно Евразийской имеет очень малую величину — 1—3 мм/год [6], однако зона их сочленения ярко выражена в градиентах поля напряжений, плотности разрывных нарушений и сейсмичности [7, 8]. Участков инструмен-

тальных GPS-наблюдений в пределах Амурской плиты сравнительно немного [6, 9], и они не характеризуют всю ее площадь, что снижает обоснованность представлений об однонаправленности движения слагающих ее блоков и, соответственно, целостности.

Целью данной работы является изучение современной кинематики северной части Аргунского континентального массива на основе GPS-измерений, полученных на Верхнеамурском геодинамическом полигоне. Этот континентальный массив в схемах структурного районирования [1, 3, 4, 8], рассматривается в качестве составной части Амурской литосферной плиты. С севера Аргунский массив отделен от Монголо-Охотского складчатого пояса (МОСП) Южно-Тукурингрским разломом субширотного простирания.

В строении Аргунского континентального массива принимают участие разновозрастные геологические образования. В существующих стратиграфических схемах в качестве «основания» обычно рассматриваются условно раннедокембрийские метаморфические комплексы гонжинской серии [1, 10]. Однако в последние годы показано, что формирование протолитов метаморфических пород гонжинской серии произошло в палеозое и мезозое, а наложенные на них структурно-метаморфические преобразования связаны не с докембрийским, а с мезозойским этапом геологического развития.

Мощные деформированные терригенные толщи юрского возраста слагают Верхнеамурский прогиб [1, 2], расположенный вдоль границы Аргунского континентального массива и Монголо-Охотского складчатого пояса. Л.П. Зоненшайн с соавторами [7] сопоставлял эти толщи с отложениями пассивных континентальных окраин, тогда как Л.М. Парфенов с соавторами [2] предполагал их орогенную природу.

Раннемеловые комплексы представлены интрузиями преимущественно гранитоидного состава, относимыми к верхнеамурскому и буриндинскому комплексам, а также андезитами и дацитами талданского вулканического комплекса [10]. К несколько более поздним относится галькинский бимодальный вулканический комплекс.

Наконец значительная часть Аргунского континентального массива, по крайней мере его восточная часть, перекрыта чехлом рыхлых отложений кайнозойских отложений Амуро-Зейской впадины [10].

Неотектонический этап развития территории Верхнего Приамурья обусловлен

продолжающимся сближением под острым углом Евразиатской и Амурской плит. Межплитные и межблоковые движения привели к созданию сложных разломно-блоковых структур современного облика, чье развитие происходит на основе тектонических структур более раннего времени заложения.

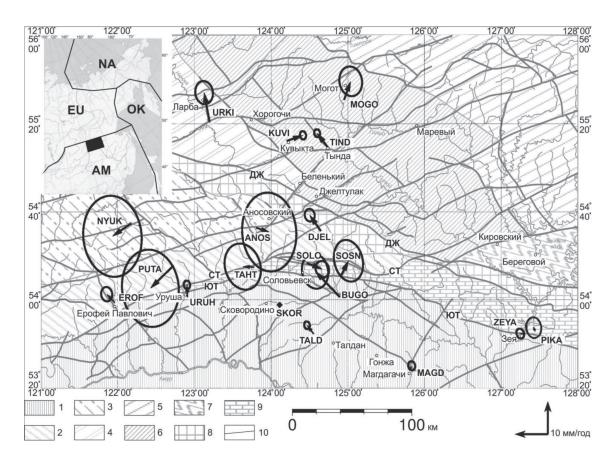
Вычисленная средняя мощность земной коры северной части Аргунского массива имеет типичные для континентов значения (40-42 км) и незначительно увеличивается с востока на запад [1]. Модельная глубина залегания подошвы литосферы составляет 85 км на его восточном обрамлении, увеличивается до 100 км в его центральной части и достигает 150 км на его западном фланге [4]. Вычисленная средняя плотность земной коры характеризуется пониженными значениями, и незначительно увеличивается с юга на север от 2,805 г/см³ до 2,826 г/см³. Плотность верхней мантии имеет повышенные значения 3,289 г/см³ и практически не изменяется на всей его площади.

В геоэлектрических полях [1] отчетливо выражены два слоя, верхний соотносится с земной корой и имеет мощность 30-40 км, с типичным сопротивлением 1800–3700 Ом/м. Нижний слой, мощностью 30-60 км и сопротивлением 100-500 Ом/м. соотносится с литосферной мантией. В подошве земной коры выделяется незначительный по мощности высокопроводящий 25-40 Ом/м слой мощностью 5-15 км. На схеме гравитационного поля [10] территории северной части Аргунского массива соответствуют положительные аномалии 30–40 мГал, достигающие значений 55 мГал на его северном обрамлении. На схеме аномалий магнитного поля [10] северная часть Аргунского массива подразделяется на две зоны: восточную, с общей незначительной положительной аномалией до 200 нТл, и западную, с эквивалентной общей отрицательной аномалией. В центральной области на локальных участках аномалии магнитного поля достигают экстремальных значений более 2000 нТл. Тепловой поток на выделяемой площади имеет стационарный характер [1], его интенсивность составляет около 45 мВт/м² на южном обрамлении и монотонно возрастает в северном направлении, где в области сочленения с МОСП достигает значений 80 мВт/м². Сейсмический режим на большей части Аргунского массива спокойный, инструментально зарегистрированы лишь отдельные рассеянные по площади и времени сейсмические события малых магнитуд. Однако в зоне влияния Южно-Тукурингрского разлома плотность выделяемой сейсмической энергии значительно возрастает, и как показало случившееся в 2011 г. близи г. Сковородино сейсмическое событие магнитудой 6.1 [11], накапливающиеся на этом участке тектонические напряжения способны продуцировать сильные землетрясения с катастрофическими последствиями, т.к. разлом пересекают действующий нефтепровод ВСТО и строящийся газопровод «Сила Сибири», Транссибирская и Байкало-Амурская железнодорожные магистрали, в зоне влияния разлома также находится Зейская ГЭС.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в северной части Амурской области (Верхнее Приаму-

рье) на геодинамическом полигоне, охватывающем территорию с координатами от 121 до 128 градусов в.д. и от 53 до 56 градусов с.ш. Данный полигон включает в себя северную часть Аргунского блока, в котором к настоящему времени, организовано 6 точек наблюдения (ZEYA, MAGD, TALD, SKOR, URUH, BUGO) (рис. 1). Данные пункты наблюдений представляют собой закрепленные в коренных породах или бетонных основаниях специальные реперы (стержни из легированной стали). Участки, на которых устанавливались реперы, выбраны таким образом, чтобы исключить влияние склоновых, криогенных и оползневых процессов, на достаточном удалении от каких-либо объектов деятельности человека.



Основные тектонические структуры Верхнего Приамурья [10] и горизонтальные смещения пунктов относительно пункта SKOR. Главные тектонические структуры Верхнего Приамурья: 1 — Аргунский континентальный массив; 2—3 — структуры Селенга-Станового супертеррейна, блоки: 2 — Урканский, 3 — Могочинский; 4—7 — Структуры Джугдуро-Станового супертеррейна, блоки: 4 — Ларбинский, 5 — Брянтинский, 6 — Иликанский, 7 — Дамбукинский; 8—9 шовные зоны: 8 — Джелтулакская шовная зона, 9 — Монголо-Охотский складчатый пояс; 10 — основные разломы: НОТ — Южно-Тукурингрский, СТ — Северо-Тукурингрский, ДЖ — Джелтулакский. Векторы скорости смещений (стрелки) пунктов относительно пункта SKOR показаны с эллипсами 95% доверительного интервала. На врезке отмечены основные литосферные плиты восточной Азии: EU — Евразийская, АМ — Амурская, ОК — Охотская, NA — Северо-Американская. Темный прямоугольник — исследуемый регион

Измерения на реперных пунктах, как правило, выполнялись 1 раз в год (в период с 2007 по 2013 г.) с использованием спутниковых приемников Ashtech UZ-12, оснащенными антеннами типа choke ring. Запись информации приемниками осуществлялась с 30 секундным интервалом при продолжительности сессии не менее 36 часов, что является достаточным условием для вычисления пространственных координат пункта с субмиллиметровой точностью [12]. Для минимизации влияния сезонных отклонений на точность позиционирования все полевые кампании проводились в течение августа-сентября.

Полученные данные GPS-наблюдений обрабатывались с использованием программного пакета GAMIT/GLOBK [12]. В процессе обработки, для получения окончательного координатного решения, были использованы навигационные файлы, точные орбиты спутников и RINEX файлы станций международной сети IGS загружаемые программным пакетом с сервера NASA. Для определения системы отсчета использовались данные о положении и скоростях не менее 25 IGS станций, входящих в систему отсчета ITRF2008.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обработки было получено векторное поле скоростей смещений пунктов геодинамического полигона Верхнего Приамурья (таблица). Как следует из приведенных в таблице оценок, все точки наблюдения (кроме пункта BUGO, для которого еще не накоплен длительный ряд наблюдений), принадлежащие северной части Аргунского массива, характеризуются близкими параметрами смещений (направление, величина). Что свидетельствует об однородности векторного поля скоростей точек в её пределах (разности в компонентах векторов не превышают первых мм в год) и, следовательно, отсутствии значимых подвижек внутри северной части массива.

Подтверждением этому может служить сравнение оценок скоростей смещения пунктов северной части Аргунского массива, приводимых в этой работе, с оценками, полученными для китайской части последнего [13, 14]. Разность в векторах для близко расположенных пунктов, несмотря на различия в конфигурации сети наблюдений, их продолжительности, а также методиках обработки данных, не превышает первых мм/год.

Горизонтальные скорости смещений GPS пунктов геодинамического полигона Верхнего Приамурья в ITRF2008

Координаты пунктов,		Компонен	ты скоростей	Ошибки о	1e	
в град	ycax	смещен	смещений, мм/год ској		ей, мм/год	AHE KT3
с.ш.	В.Д.	восток	север	восток	север	Название пункта
						H
127,43	53,77	23,45	-16,04	0,89	1,25	PIKA
127,28	53,75	22,57	-17,17	0,41	0,50	ZEYA
125,80	53,46	24,75	-14,11	0,36	0,46	MAGD
124,94	55,51	26,44	-10,54	1,40	1,83	MOGO
124,90	54,19	26,55	-11,47	1,81	2,59	SOSN
124,89	54,03	16,85	-8,20	1,63	2,16	BUGO
124,75	55,15	20,77	-11,79	0,28	0,35	TIND
124,64	54,53	20,74	-11,77	0,57	0,71	DJEL
124,55	53,75	22,26	-13,42	0,26	0,34	TALD
124,46	54,29	28,58	-16,81	0,81	0,97	SOLO
124,20	55,21	29,33	-14,36	0,29	0,38	KUVI
124,11	53,97	24,14	-16,10	0,27	0,35	SKOR
123,80	54,56	28,35	-17,23	3,38	4,91	ANOS
123,78	54,26	20,89	-15,91	2,27	2,87	TAHT
123,20	55,35	22,74	-7,17	1,08	1,41	URKI
122,91	54,03	24,62	-11,96	0,32	0,42	URUH
122,73	54,27	17,39	-23,01	3,55	4,82	PUTA
122,17	54,59	18,89	-19,81	3,65	5,06	NYUK
121,96	53,99	22,19	-13,28	0,65	0,83	EROF

П р и м е ч а н и е . Ошибки определения скорости приведены в 95 % доверительном интервале.

Таким образом, несмотря на то, что Аргунский континентальный массив характеризуется гетерогенным геологическим строением, что находит свое отражение в сложной структуре геофизических полей, в пределах его северной части установлена однородность векторного поля скоростей смещений, что свидетельствует о его кинематической целостности. При этом кинематические параметры северной части Аргунского массива существенным образом отличаются от других геологических структур, находящихся в области взаимодействия Евразийской и Амурской плит (рисунок).

Анализ развития морфоструктур, характер трещинной и полученные результаты кинематики показывают, что Южно-Тукурингрский разлом является взбросом с левой сдвиговой составляющей. Это подтверждает и механизм очага Сковородинского землетрясения, произошедшего 14 октября 2011 г. [11]. Данный разлом четко выражен на схемах гравитационного поля, где ему соответствует значительная положительная аномалия [10], а также выражен на геоэлектрических полях, где ему соответствует область низкого сопротивления [1].

Заключение

На основе геодезических измерений с использованием GPS-технологий, выполненных на геодинамическом полигоне Верхнего Приамурья, получено векторное поле скоростей смещений пунктов. Установленные параметры смещений (направление, величина) свидетельствуют об однородности векторного поля скоростей точек, принадлежащих северной части Аргунского массива, и отсутствии в его пределах значимых подвижек (разности в компонентах векторов не превышают первые мм в год). Показана кинематическая целостность северной части Аргунского массива на современном этапе.

Прикладное значение полученных результатов связано с возможностью дальнейшей оценки воздействия динамических напряжений на искусственные объекты, расположенные в пределах активных тектонических структур.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 17-55-53110).

Список литературы

- 1. Глубинное строение и металлогения Восточной Азии / отв. ред. Диденко А.Н., Малышев Ю.Ф., Саксин Б.Г. Владивосток: Дальнаука, 2010. 332 с.
- 2. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л.,

- Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртогоо О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. $T. 22, N ext{0}.$ C. 7-41.
- 3. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Владова Г.Л., Прохорова Т.В., Романюк Т.В. Блоковая структура и геодинамика континентальной литосферы на границах плит // Вестник КРАУНЦ, Науки о Земле. −2008. − № 1. − Вып. 11. − С. 32–47.
- 4. Malyshev Y.F., Podgornyi V.Y., Shevchenko B.F., Romanovskii N.P., Kaplun V.B., Gornov P.Y. Deep structure of the Amur lithospheric plate border zone. Russian Journal of Pacific Geology. 2007. vol. 1. Issue 2. P. 107–119.
- 5. Kreemer C., Holt W.E., Haines A.J. An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation // Geophysics Journal International. 2003. vol. 154. P. 8–34.
- 6. Timofeev V.Y., Kazansky A.Y., Ardyukov D.G., Metelkin D.V., Timofeev A.V., Gornov P.Y., Gilmanova G.Z., Shestakov N.V. Rotation parameters of the Siberian domain and its eastern surrounding structures during different geological epochs // Russian Journal of Pacific Geology. 2011. vol. 5. Isuue 4. P. 288–297.
- 7. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990.- Кн. 1.-326 с. Кн. 2.-334 с.
- 8. Imaeva L.P., Imaev V.S., Kozmin B.M. Seismogeodynamics of the Aldan-Stanovoi block // Russian Journal of Pacific Geology. 2012. vol.6. Issue 1. P. 1–12.
- 9. Miroshnichenko A.I., Sankov V.A., Lukhnev A.V., Ashurkov S.V., Sorokin A.P., Sorokina A.T., Serov M.A., Sherman S.I., Panfilov N.I., Space geodesy in geodynamic studies: Recent movements in the Zeya-Bureya Basin // Russian Journal of Pacific Geology. 2008. vol. 2. Issue 1. P. 64–71.
- 10. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000. Издание третье. Дальневосточная серия. Листы: N-51 (Сковородино), N-52 (ЗЕЯ). СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009.
- 11. Ханчук А.И., Сафонов Д.А., Коновалов А.В., Шестаков Н.В., Быков В.Г., Серов М.А., Сорокин А.А. Сильнейшее современное землетрясение в Верхнем Приамурье 14 октября 2011 г.: первые результаты исследования // Доклады академии наук. -2012. Т. 445, № 3. С. 338-341.
- 12. Herring T.A., King R.W., McClusky S.C., 2010. Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.4. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology. 48 p.
- 13. Meng G., Shen X., Wu J., Rogozhin E. A. Present-day crustal motion in northeast China determined from GPS measurements // Earth Planets Space. 2006. vol. 58. P. 1441–1445.
- 14. Wang W., Yang S., Wang Q. Crustal block rotations in Chinese mainland revealed by GPS measurements // Earthquake Science. 2009. vol. 22. Issue 6. P. 639–649.

References

- 1. Glubinnoe stroenie i metallogenija Vostochnoj Azii / otv. red. Didenko A.N., Malyshev Ju.F., Saksin B.G. Vladivostok: Dalnauka, 2010. 332 p.
- 2. Parfenov L.M., Berzin N.A., Hanchuk A.I., Badarch G., Belichenko V.G., Bulgatov A.N., Dril S.I., Kirillova G.L., Kuzmin M.I., Nokleberg U., Prokopev A.V., Timofeev V.F., Tomurtogoo O., Jan H. Model formirovanija orogennyh pojasov Centralnoj i Severo-Vostochnoj Azii // Tihookeanskaja geologija. 2003. T. 22, no. 6. pp. 7–41.
- 3. Gatinskij Ju.G., Rundkvist D.V., Vladova G.L., Prohorova T.V., Romanjuk T.V. Blokovaja struktura i geodinamika kontinentalnoj litosfery na granicah plit // Vestnik KRAUNC. Nauki o Zemle. 2008. no. 1. Vyp. 11. pp. 32–47.
- 4. Malyshev Y.F., Podgornyi V.Y., Shevchenko B.F., Romanovskii N.P., Kaplun V.B., Gornov P.Y. Deep structure of the

- Amur lithospheric plate border zone. Russian Journal of Pacific Geology. 2007. vol. 1. Issue 2. pp. 107–119.
- 5. Kreemer C., Holt W.E., Haines A.J. An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation // Geophysics Journal International. 2003. vol. 154. pp. 8–34.
- 6. Timofeev V.Y., Kazansky A.Y., Ardyukov D.G., Metel-kin D.V., Timofeev A.V., Gornov P.Y., Gilmanova G.Z., Shestakov N.V. Rotation parameters of the Siberian domain and its eastern surrounding structures during different geological epochs // Russian Journal of Pacific Geology. 2011. vol. 5. Isuue 4. pp. 288–297.
- 7. Zonenshajn L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. Tektonika litosfernyh plit territorii SSSR. M.: Nedra, 1990. Kn. 1. 326 p. Kn. 2. 334 p.
- 8. Imaeva L.P., Imaev V.S., Kozmin B.M. Seismogeodynamics of the Aldan-Stanovoi block // Russian Journal of Pacific Geology. 2012. vol.6. Issue 1. pp. 1–12.
- 9. Miroshnichenko A.I., Sankov V.A., Lukhnev A.V., Ashurkov S.V., Sorokin A.P., Sorokina A.T., Serov M.A., Sherman S.I., Panfilov N.I., Space geodesy in geodynamic studies:

- Recent movements in the Zeya-Bureya Basin // Russian Journal of Pacific Geology. 2008. vol. 2. Issue 1. pp. 64–71.
- 10. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1:1000000. Izdanie trete. Dalnevostochnaja serija. Listy: N-51 (Skovorodino), N-52 (ZEJa). SPb.: Kartfabrika VSEGEI, 2009.
- 11. Hanchuk A.I., Safonov D.A., Konovalov A.V., Shestakov N.V., Bykov V.G., Serov M.A., Sorokin A.A. Silnejshee sovremennoe zemletrjasenie v Verhnem Priamure 14 oktjabrja 2011 g.: pervye rezultaty issledovanija // Doklady akademii nauk. 2012. T. 445, no. 3. pp. 338–341.
- 12. Herring T.A., King R.W., McClusky S.C., 2010. Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.4. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology. 48 p.
- 13. Meng G., Shen X., Wu J., Rogozhin E. A. Present-day crustal motion in northeast China determined from GPS measurements // Earth Planets Space. 2006. vol. 58. pp. 1441–1445.
- 14. Wang W., Yang S., Wang Q. Crustal block rotations in Chinese mainland revealed by GPS measurements // Earthquake Science. 2009. vol. 22. Issue 6. pp. 639–649.

УДК 551.24:550.34

ЛИНЕЙНЫЕ ИНДИКАТОРЫ АНОМАЛИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АЛДАНСКОГО ЩИТА И СТАНОВОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Тусикова С.А.

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: svetabon@list.ru

Представлены результаты построений линейных элементов аномального магнитного поля восточного фланга Алдан-Станового блока. Проведено сопоставление пространственных линейных структур, выполненных в различных программных средах, с использованием количественных и качественных методов линеаментного анализа на основе карт гравитационного и магнитного полей и цифровых моделей рельефа. Разработанная технология построения систем линеаментов по аномалиям магнитного поля представлена рядом последовательных процедур. Оцифровка исходных карт производится в программе MapInfo, в результате которой создается файл формата «tab». Для создания матрицы с равномерной сеткой данных «tab» экспортируется в форматы «mif» (графическая информация) и «mid» (текстовая информация). Для хранения регулярных и нерегулярных сетей посредством геоинформационной системы Integro создаётся таблица «объект - свойство». При работе с утилитой «Пересчёт на сеть» был использован метод многоуровневой b-сплайн интерполяции, в результате применения которого на выходе создаётся файл с расширением «tos». Данный файл служит основой для дальнейшей работы в программном комплексе КОСКАД 3D. Для выделения систем линеаментов выполняется разложение полученной сети (оцифрованных данных аномального магнитного поля) на составляющие. На последнем этапе производится трассирование осей аномалий. Качественное сопоставление пространственного распределения увеличенной плотности линейных элементов геофизических полей с полем распределений эпицентров землетрясений позволяет ассоциировать данные области с зонами активного деформирования земной коры.

Ключевые слова: геофизические поля, линейные структуры, цифровая модель, линеаменты, Алдано-Становой блок

LINEAR INDICATORS OF GEOMAGNETIC ANOMA LIES IN THE EASTERN ALDANIA SHIELD AND THE STANOVOY FOLDED AREA: SPATIAL PATTERN AND SEISMICITY

Tusikova S.A.

Yu. A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics FEB RAS, Khabarovsk, e-mail: svetabon@list.ru

The results of constructing linear elements of the anomalous magnetic field in the eastern flank of the Aldan-Stanovoy block are presented. The spatial linear structures were constructed in different software environments. Based on the gravity and magnetic maps and the digital elevation models, their comparison has been made using quantitative and qualitative methods of lineament analysis. The developed technology of constructing the lineament systems based on magnetic anomalies involves a number of successive procedures. The original map digitization is performed in the program MapInfo, which results in the creation of the «tab» format file. In order to create a matrix with a uniform grid of data, the «tab» file is exported to the «mif» (graphic information) and «mid» (text information) formats. For the regular and irregular network storage by using the Integro geoinformation system, an object-property table is created. During the operation of «Recalculation on the network» utility, a multi-level b-spline interpolation method was used. As a result, the file with a «tos» extension has been created on the output. This file serves as a basis for further operating the COSCAD 3D software package. To isolate the lineament systems, the obtained network (digitized data of the anomalous magnetic field) is decomposed into components. At the final stage, tracing of the anomaly axes is performed. A qualitative comparison of spatial distribution of more densely distributed linear elements of the geophysical fields with the field of distributions of earthquake epicenters allows us to confine these areas to the zones of active crustal deformation.

Keywords: geophysical fields, linear structures, digital model, lineaments, Aldan-Stanovoy block

Современные представления о природе линеаментов как объектов Алдано-Станового блока, отражающих делимость литосферы и межблоковые структуры, сформировались на основе многочисленных исследований тектонических критериев сейсмичности [1–3], по моделированию геофизических полей [4, 5], структурных форм рельефа [6], геологических формаций [7], сейсмичности изучаемой территории [8, 9].

Восточная часть Алданского щита и Становой складчатой области (Алдано-Становой блок) приурочена к современной границе Евразиатской и Амурской литосферных плит, интенсивность тектонических процессов которой контролируется современной сейсмичностью с ожидаемыми сотрясениями в 6–9 баллов (М = 4,5–6,5) [1].

Аномалии гравитационного и магнитного полей отражают свойства вещества земной коры и верхней мантии. Полученные результаты моделирования в работах [10, 11] свидетельствуют также о взаимосвязи аномалий со структурами рельефа и сейсмичностью. При этом шовные зоны, разделяющие блоки, фиксируются в региональном магнитном поле положительными аномалиями [7].

Сопоставлением аномалий геофизических полей Алдано-Станового блока с разломной тектоникой установлено, что все региональные разломы находят свое отражение в аномалиях геофизических полей типа гравитационных ступеней и линейных магнитных аномалий [7] и отражаются в виде протяженных зон линеаментов [12].

Технология геометрических построений линейных индикаторов разломов методами статистического анализа пространственной структуры геофизических полей и рельефа представлены в работах [3, 12]. Аналогично данному исследованию по структуре рельефа выделяются максимумы направленности структур северо-восточного и северо-западного направлений с применением программы WinLessa [6].

Для Алдано-Станового блока по геофизическим полям наиболее контрастно проявляется система линеаментов в азимутах (40–310°) ± 3 [3], которая контролирует эпицентральные поля современной сейсмичности [9], а меридиональные и широтные зоны линеаментов – зоны пластического течения Алданского щита [12].

Наиболее важным вопросом при изучении линеаментных структур является их пространственная корреляция с сейсмическим процессом [13]. Так как изучаемый район относится к зоне высокой сейсмической активности [1, 2], то долгосрочный прогноз места и времени сильных землетрясений определяет актуальность данного исследования.

В геологической практике выявления и изучения линеаментов используются различные методы: прямые и косвенные, качественные и количественные, основы которых заложены в фундаментальной работе [4]. Прямые и косвенные методы поиска, выделения и изучения линеаментов образуют вместе комплекс качественных методов поиска и выявления линеаментов.

Количественные методы подразумевают построение роз-диаграмм или гистограмм простираний линеаментов, в виде карт роздиаграмм линеаментов или карт удельной длины линеаментов и в виде различных графиков [3].

В данной работе показаны результаты построения линеаментов по линейным ин-

дикаторам аномалий геомагнитного поля в программном комплексе КОСКАД 3D [14], на основе которых построена схема линейных элементов геофизических полей восточной области Алдано-Станового блока.

Построение систем линеаментов по аномалиям магнитного поля

Технологию построения систем линеаментов по аномалиям магнитного поля можно разделить на ряд последовательных процедур. На первом этапе подготовки данных производится оцифровка исходных карт в программе MapInfo, при этом используются карты аномального магнитного поля масштаба 1:1 000 000. В результате получается файл формата tab с картой изолиний, каждой из которых присваивается значение интенсивности магнитного поля.

Далее для получения матрицы с равномерной сеткой производится экспорт полученного файла в форматы mif (графическая информация) и mid (текстовая информация), которые позволяют сопоставлять различным графическим элементам настраиваемые данные.

Для дальнейшей работы с файлами необходим отдельный тип данных, предназначенный для хранения регулярных и нерегулярных сетей (таблица объект – свойство (ТОС)), который создаётся посредством геоинформационной системы Integro. При работе с утилитой «Пересчёт на сеть» для построения систем линеаментов используется метод многоуровневой b-сплайн интерполяции.

В результате выполнения данных процедур на выходе создаётся файл с расширением tos, который служит основой для дальнейшей работы в программном комплексе КОСКАД 3D, по методике [15].

Для выделения линеаментов выполняется разложение сети на составляющие: локальную и региональную. Использование локальной компоненты позволяет проводить трассировку линеаментов в различных азимутах. В качестве примера на рис. 1 приведены результаты построения систем линеаментов в азимутах (26–296) по магнитным и гравитационным аномалиям с использованием исходных карт масштаба 1:500 000 [13].

Можно отметить, что максимумы плотности линейных элементов геофизических полей в азимутах группируются по границам геоморфологических структур и образуют регулярные пространственные решетки (рис. 1), что согласуется с результатами предшествующих исследований [3, 12] для

центральной и западной частей Алданского щита, соответствуют задачам, определенным в работе [13]. Размер решеток (доменов) составляет (1–1,5)⁰, что примерно равно (120–150) км. Причем выдержанность направлений в пространстве групп линеаментов сохраняется при переходе от поднятий (Алданский щит) к впадинам (северная и южная области моделирования).

При использовании региональной компоненты производится трассирование осей аномалий в программном комплексе КОСКАД 3D. В окончательном виде получается изображение карты линеаментов пространственной выдержанности аномалий магнитного поля. Результаты построений по описанной технологии показаны на рис. 2, 3.

Качественное сопоставление распределения линеаментов, выделенных по локальным аномалиям (рис. 1) и по региональной компоненте магнитного поля (рис. 2, 3) показывает, что в центральной области исследования плотность линеаментов одинаково выдержана в пространстве в северо-западном направлении (в азимуте 296°). Ортогональная система линеаментов северо-восточного простирания азимутом 26°, характерно проявляющаяся на локальной компоненте (рис. 1), в региональном плане представлена фрагментарно в юго-восточном сегменте области моделирования (рис. 2, 3). В центральном сегменте, в пределах (55-57)⁰ СШ по рис. 2, 3 выделяется доменная ромбическая структура размером $(2-2,5)^0$ (см. рис. 2).

130°

60°

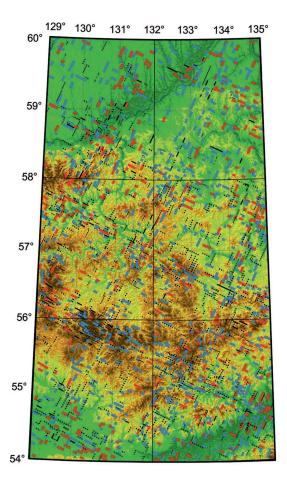
131°

132°

133°

134°

135°



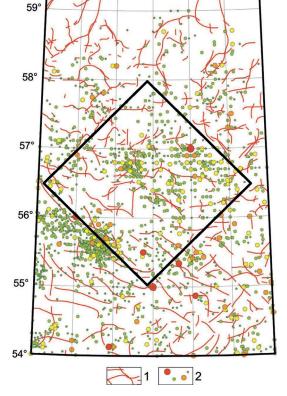


Рис. 1. Система линеаментов геофизических полей восточного фланга Алдано-Станового блока в азимутах (26–296)⁰ с эпицентрами землетрясений (по [6, 8]) на топографической основе

Рис. 2. Система линеаментов региональной компоненты аномального магнитного поля восточного фланга Алдано-Станового блока с эпицентрами землетрясений. Обозначения: 1- индикаторы линейных элементов отрицательных магнитных аномалий; 2- эпицентры землетрясений c магнитудами $M \ge 2$

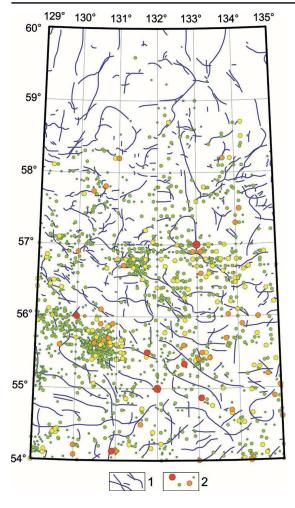


Рис. 3. Система линеаментов региональной компоненты аномального магнитного поля восточного фланга Алдано-Станового блока с эпицентрами землетрясений. Обозначения: 1 – индикаторы линейных элементов положительных магнитных аномалий; 2 – эпицентры землетрясений c магнитудами d d d

Севернее 58°, по региональной компоненте магнитного поля, системы линеаментов трассируются в меридиональных и субмеридиональных (рис. 2, 3) азимутах. При этом можно отметить уменьшение общего числа линеаментов в данном сегменте области моделирования.

Для южного сегмента характерно сохранение общего рисунка линеаментов при переходе от Алдано-Станового блока к обрамляющей его впадине.

Выводы

Отличительной особенностью построений систем линеаментов по аномалиям магнитного поля, представленных в данном исследовании, является раздельное пред-

ставление линеаментов отрицательных (рис. 2) и положительных (рис. 3) аномалий. На данном этапе изучения структуры линеаментов можно отметить качественное подобие общего плана распределения систем линеаментов положительных и отрицательных аномалий магнитного поля. Это может свидетельствовать о закономерном чередовании пространственных структур с различными физическими свойствами горных пород.

Широтные и меридиональные структуры (линеаменты), выделенные автором [4] в центральной и западной части Алдано-Станового блока, в данной области представлены сериями непротяженных линеаментов в полосе (57–58)⁰ и отдельными меридиональными линеаментами.

Доменная структура, выделяемая качественно (рис. 2) по региональной компоненте магнитного поля в центральной части (рис. 2), фактически состоит их 4-х вложенных доменов (рис. 1). Тем самым подтвержден результат исследования авторов [12] о наличии в пределах Алдано-Станового блока самоподобных пространственных структур.

В ряде работ показано [3, 9, 11], что в систему линеаментов укладываются пространственные распределения эпицентров землетрясений, а к осевым линиям повышенной плотности линеаментов приурочены очаги сильных землетрясений.

Задачей данного исследования было определено именно построение систем линеаментов и установление качественных взаимосвязей их с распределением эпицентров землетрясений. В этой связи можно отметить, что вытянутость линий южнее 57° СШ имеет преимущественно северозападное простирание, согласно которому распределены эпицентры землетрясений. Эпицентры сильных землетрясений, которые на рис. 2, 3 отмечены коричневым цветом, пересекаются отдельными линеаментами или отрицательных, или положительных аномалий.

Данное исследование выполнено в рамках НИР лаборатории сейсмологии и сейсмотектоники ИТиГ ДВО РАН при финансовой поддержке проекта гранта Российского научного фонда (РНФ) 16-17-00015.

Список литературы

- 1. Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М., Семенов Р.М., Маккей К.Г., Гриб Н.Н., Никитин В.М. Сейсмическая опасность и современная геодинамика Токинского Становика. Нерюнгри: изд-во Технического института СВФУ, 2009. 157 с.
- 2. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмогеодинамика Алдано-Станового блока // Тихоокеанская геология. 2012. T. 31, № 1. C. 5-17.

- 3. Трофименко С.В. Тектоническая интерпретация статистической модели распределений азимутов аномалий гравимагнитных полей Алданского щита // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29, № 3. С. 64–77.
- 4. Малышев Ю.Ф. Геофизическое исследование докембрия Алданского щита. М.: Наука, 1977. 127 с.
- 5. Статива А.С., Трофименко С.В., Гриб Н.Н. Анализ существующих представлений о тектонике Алданского щита // Горный информационно-аналитический бюллетень (научнотехнический журнал). 2006. Т. 17, № 3. С. 167–189.
- 6. Gilmanova G.Z., Shevchenko B.F., Rybas O.V. et al. Linear geological Structures of the Southern Aldan-Stanovoi Shield and Eastern Central-Asian Foldbelt: the geodynamic aspect // Russian Journal of Pacific Geology. −2012. −vol. 6, № 1. −P. 52–60.
- 7. Стогний Г.А., Стогний В.В. Геофизические поля восточной части Северо-Азиатского кратона. Якутск: ГУП НИПК «Сахаполиграфиздат», 2005. 174 с.
- 8. Трофименко С.В., Гриб Н.Н. О возможности прогноза эпицентра сильного землетрясения по структуре сейсмического поля Олекмо-Становой зоны // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2006.-T.17, № 3.-C.189-193.
- 9. Трофименко С.В. Геофизические поля и сейсмичность Южной Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2007. Т. 17, № 1. С. 188-196.
- 10. Трофименко С.В., Гриб Н.Н., Никитин В.М., Статива А.С. Интерпретация статистической модели аномалий гравимагнитных полей Алданского щита // Наука и образование. 2011. N 1 (61). С. 40–45.
- 11. Трофименко С.В., Гильманова Г.З., Никитин В.М., Колодезников И.И. Линеаментный анализ пространственного поля сейсмичности северного сегмента Амурской микроплиты // Наука и образование. 2016. № 1 (81). С. 7–13.
- 12. Trofimenko S.V., Grib N.N., Melnikov A.A., Merkulova T.V. Systems of Lineaments of Magnetic and Gravity Anomalies in the Zone of Convergent Interaction of the Amur and the Eurasian Tectonic Plates // Modern Applied Science. 2015. vol. 9, № 8. P. 195–203. URL: http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n3p195.
- 13. Тусикова С.А., Колягина О.А. Линейные элементы геофизических полей восточной части Алдано-Станового блока. Обзор работ и первые результаты // Инновационная парадигма устойчивого развития науки. Теория и практика: сборник научных статей международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 15–16 декабря 2016 г.). СПб.: Изд-во: КультИнформПресс, 2016. С. 23–26.
- 14. Петров Д.Б., Юдин Хоу Сюели. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностностатистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D» // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. -2010. -№ 2. Выпуск № 16. C. 126–132.
- 15. Трусов А.А., Петров А.В. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа трехмерной геоинформации КОСКАД 3D // Геофизика. 2000. N2 4. C. 29–33.

References

1. Imaeva L.P., Imaev V.S., Kozmin B.M., Semenov R.M., Makkej K.G., Grib N.N., Nikitin V.M. Sejsmicheskaja opasnost

- i sovremennaja geodinamika Tokinskogo Stanovika. Nerjungri: izd-vo Tehnicheskogo instituta SVFU, 2009. 157 p.
- 2. Imaev V.S., Imaeva L.P., Kozmin B.M. Sejsmogeodinamika Aldano-Stanovogo bloka // Tihookeanskaja geologija. 2012. T. 31, no. 1. pp. 5–17.
- 3. Trofimenko S.V. Tektonicheskaja interpretacija statisticheskoj modeli raspredelenij azimutov anomalij gravimagnitnyh polej Aldanskogo shhita // Tihookeanskaja geologija. 2010. T. 29, no. 3. pp. 64–77.
- 4. Malyshev Ju.F. Geofizicheskoe issledovanie dokembrija Aldanskogo shhita. M.: Nauka, 1977. 127 p.
- 5. Stativa A.S., Trofimenko S.V., Grib N.N. Analiz sush-hestvujushhih predstavlenij o tektonike Aldanskogo shhita // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2006. T. 17, no. 3. pp. 167–189.
- 6. Gilmanova G.Z., Shevchenko B.F., Rybas O.V. et al. Linear geological Structures of the Southern Aldan-Stanovoi Shield and Eastern Central-Asian Foldbelt: the geodynamic aspect // Russian Journal of Pacific Geology. 2012. vol. 6, no. 1. pp. 52–60.
- 7. Stognij G.A., Stognij V.V. Geofizicheskie polja vostochnoj chasti Severo-Aziatskogo kratona. Jakutsk: GUP NIPK «Sahapoligrafizdat», 2005. 174 p.
- 8. Trofimenko S.V., Grib N.N. O vozmozhnosti prognoza jepicentra silnogo zemletrjasenija po strukture sejsmicheskogo polja Olekmo-Stanovoj zony // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2006. T. 17, no. 3. pp. 189–193.
- 9. Trofimenko S.V. Geofizicheskie polja i sejsmichnost Juzhnoj Jakutii // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2007. T. 17, no. 1. pp. 188–196.
- 10. Trofimenko S.V., Grib N.N., Nikitin V.M., Stativa A.S. Interpretacija statisticheskoj modeli anomalij gravimagnitnyh polej Aldanskogo shhita // Nauka i obrazovanie. 2011. no. 1 (61). pp. 40–45.
- 11. Trofimenko S.V., Gilmanova G.Z., Nikitin V.M., Kolodeznikov I.I. Lineamentnyj analiz prostranstvennogo polja sejsmichnosti severnogo segmenta Amurskoj mikroplity // Nauka i obrazovanie. 2016. no. 1 (81). pp. 7–13.
- 12. Trofimenko S.V., Grib N.N., Melnikov A.A., Merkulova T.V. Systems of Lineaments of Magnetic and Gravity Anomalies in the Zone of Convergent Interaction of the Amur and the Eurasian Tectonic Plates // Modern Applied Science. 2015. vol. 9, no. 8. pp. 195–203. URL: http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n3p195.
- 13. Tusikova S.A., Koljagina O.A. Linejnye jelementy geofizicheskih polej vostochnoj chasti Aldano-Stanovogo bloka. Obzor rabot i pervye rezultaty // Innovacionnaja paradigma ustojchivogo razvitija nauki. Teorija i praktika: sbornik nauchnystatej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Sankt-Peterburg, 15–16 dekabrja 2016 g.). SPb.: Izd-vo: Kult-InformPress, 2016. pp. 23–26.
- 14. Petrov D.B., Judin Hou Sjueli. Obrabotka i interpretacija geofizicheskih dannyh metodami verojatnostno-statisticheskogo podhoda s ispolzovaniem kompjuternoj tehnologii «KO-SKAD 3D» // Vestnik KRAUNC. Nauki o zemle. 2010. no. 2. Vypusk no. 16. pp. 126–132.
- 15. Trusov A.A., Petrov A.V. Kompjuternaja tehnologija statisticheskogo i spektralno-korreljacionnogo analiza trehmernoj geoinformacii KOSKAD 3D // Geofizika. 2000. no. 4. pp. 29–33.

УДК 911:504.062(470.56)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ В ПРЕДЕЛАХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО РОЛЬ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ РЕГИОНА

Чибилёв А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григоревский Д.В.

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, e-mail: a.a.ml@mail.ru

В современных социально-экономических условиях развития Оренбургской области экологические проблемы связанные с лесными и водными ресурсами, а также рациональным использованием природно-ресурсного потенциала бассейна реки Урал, являются актуальными и требуют особого внимания региональных властей. В статье рассматриваются вопросы современного состояния элементов природно-экологического каркаса бассейна реки Урал в пределах Оренбургской области, дается анализ лесистости территории, рассматриваются проблемы лесомелиорации. Приводится общая характеристика водно-ресурсного потенциала, распределения искусственных водоемов и их влияние на природные и социально-экономические условии исследуемой территории. Уделяется особое внимание ее рекреационным ресурсам и развитию туристско-рекреационного комплекса муниципальных образований. В исследовании рассмотрена роль природно-экологического каркаса территории в социально-экономическом развитии Оренбургской области в пределах бассейна реки Урал.

Ключевые слова: бассейн реки Урал, Оренбургская область, природно-экологический каркас, лесистость, водные ресурсы, рекреационные ресурсы, особо охраняемые природные территории, муниципальные образования, социально-экономическое развитие

MODERN STATUS OF THE NATURAL-ECOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE URAL RIVER BASIN IN THE ORENBURG REGION AND ITS ROLE IN THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGION

Chibilev A.A. (jr.), Meleshkin D.S., Grigorevskiy D.V.

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: a.a.ml@mail.ru

In the current socio-economic conditions of the development of the Orenburg region, environmental problems associated with forest and water resources, and rational use of the natural resource potential of the Ural River Basin, are urgent and require special attention of regional authorities. The article deals with the current state of the elements of the natural and ecological framework of the Ural River basin within the Orenburg region, analyzes the forest cover of the territory, examines the problems of forest melioration. The general characteristics of the water-resource potential, distribution of artificial reservoirs and their influence on the natural and socio-economic conditions of the study area are given. Particular attention is paid to its recreational resources and development of the tourist and recreational complex of municipalities. In the research, the role of the natural-ecological framework of the investigated territory in the social and economic development of the Orenburg region is considered within the basin of the Ural river.

Keywords: the Ural River basin, the Orenburg region, natural-ecological framework, woodiness, water resources, recreational resources, protected areas, municipalities, socio-economic development

Территория трансграничного бассейна р. Урал относится к важнейшим индустриально-аграрным регионам Российской Федерации. Российская часть бассейна р. Урал расположена в пределах трех российских субъектов: Челябинской области, Республики Башкортостан и Оренбургской области. Значительная доля площади бассейна реки Урал приходится на Оренбургскую область (78 тыс. км²; 62,5%) [1, 2]. Оренбургская область, занимая центральное положение в бассейне р. Урал, является ключевым регионом в решении вопросов рационального использования его природных ресурсов и интегральной оценки современного социально-экономического состояния его субъектов в условиях интеграционных процессов, связанных с созданием Таможенного и Евразийского экономического союзов. Реализация стратегии «Нового Шелково пути», развитие международного сотрудничества в рамках ЕАЭС, создание трансконтинентального транспортного маршрута Западный Китай – Европа обуславливают выбор Оренбургской области, в качестве ключевой территории в данном исследовании. Для Оренбургской области, территориально расположенной почти полностью в степной зоне, вопросы функционирования и развития элементов природно-экологического каркаса являются актуальными и сегодня. Под природно-экологическим каркасом авторы понимают единую систему связанных между собой природных территорий. Важнейшей частью природноэкологического каркаса являются ООПТ, в том числе лесозащитные полосы и пруды. Лесные ресурсы, водные ресурсы и система природно-заповедного фонда (ПЗФ) составляют основу рассматриваемого каркаса.

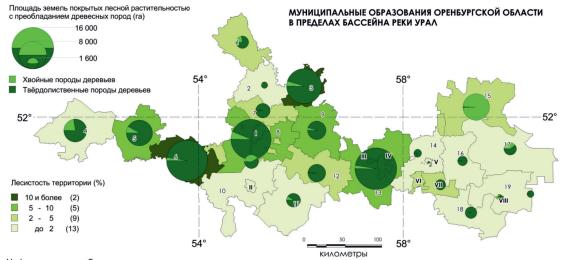
Цель исследования: оценка современного состояния природно-экологического каркаса бассейна реки Урал в пределах Оренбургской области.

Материалы и методы исследования

Для оценки современного состояния природно-экологического каркаса и его роли в социально-экономическом развитии региона были использованы современные методы геоинформационного анализа, с применением геоинформационного инструментария MapInfo Professional 11.5. Статистический анализ проводился на основе актуальной и достоверной статистической информации.

Лесные ресурсы являются стратегическими природными ресурсами степной зоны. Земли лесного фонда Оренбургской области составляют 5,6 тыс. км² (4,5% от площади области), из них покрытые лесной растительности 4,3 тыс. км², лесистость территории составляет 3,5% [3]. Несмотря на небольшую площадь, лесная растительность представлена хвойными, лиственными и смешанными лесообразующими породами. Сосново-берёзовые и сосново-

лиственные леса широко распространены на территории Карагайского бора. Но наибольшая древесно-кустарниковая растительность произрастает в поймах крупных рек (Урал, Сакмара, Илек), балках и долинах небольших рек. Естественными породами пойм рек являются тополь белый и черный, кустарниковые ивы, липа, дуб черешчатый, береза бородавчатая, черноольшанник. Анализируя показатели лесистости бассейна р. Урал в разрезе муниципальных образований Оренбургской области, необходимо отметить, их максимальные значения в Тюльганском районе (17,3%), Илекском районе (10,5%), Кувандыкском городском округе (8,9%), Саракташском районе (6,6%) и Оренбургском районе (5,9%). Наибольшая площадь хвойных пород деревьев, покрытых лесной растительностью с преобладанием древесных пород, отмечается в Кваркенском (6727 га), Первомайском (1238 га) районах и Соль-Илецком городском округе (899 га). Высоким показателем площади твёрдолиственных пород деревьев характеризуются Кувандыкский (15051 га) городской округ, Илекский (14247 га), Оренбургский (13373 га) и Тюльганский (10597 га) районы. Необходимо отметить, что в площади земель, покрытых лесной растительностью в МО бассейна р. Урал в границах Оренбургской области, преобладают твёрдолиственные породы деревьев (рис. 1).



Цифрами на карте обозначены:

1. Шарлыкский р-н; 2. Октябрьский р-н; 3. Тюльганский р-н; 4. Первомайский р-н; 5. Ташлинский р-н; 6. Илекский р-н; 7. Сакмарский р-н; 8. Оренбургский р-н; 9. Саракташский р-н; 10. Соль-Илецкий ГО; 11. Акбулакский р-н; 12. Беляевский р-н; 13. Кувандыкский ГО; 14. Гайский ГО; 15. Кваркенский р-н; 16. Новоорский р-н; 17. Адамовский р-н; 18. Домбаровский р-н; 19. Ясненский ГО. І. Оренбург; ІІ. Соль-Илецк; ІІІ. Кувандык; IV. Медногорск; V. Гай; VI. Новотроицк; VII. Орск; VIII. Ясный.

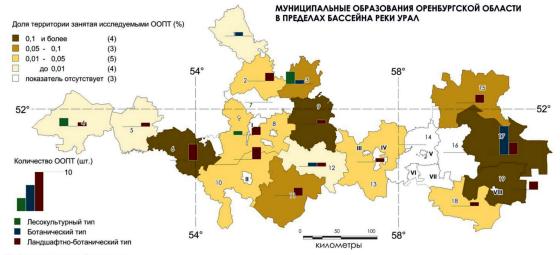
Рис. 1. Лесистость муниципальных образований бассейна р. Урал в пределах Оренбургской области

Для охраны, восстановления и рационального использования лесных ресурсов правительством Оренбургской области разработана государственная программа «Воспроизводство и использование природных ресурсов Оренбургской области» на 2014-2020 годы. Среди запланированных программой мероприятий необходимо выделить [4]: охрану лесов от пожаров (мероприятия по противопожарному обустройству лесов, благоустройство зон отдыха в лесных массивах, патрулирование лесов, содержание пожарно-химических станций); защиту лесов от вредителей и болезней леса (обеспечение санитарной безопасности на землях лесного фонда); воспроизводство лесов (выращивание посадочного материала для воспроизводства лесов и лесоразведения, заготовка и приобретение лесных семян); осуществление на землях лесного фонда государственного лесного контроля и надзора, государственного пожарного надзора.

Значительная часть лесных массивов на рассматриваемой территории имеет статус особо охраняемых природных территорий регионального значения. Лесокультурный тип памятников природы представлен 6 ООПТ регионального значения общей площадью 24,3 га. (рис. 2) [5]. Самым крупным памятником природы этого типа является «Аничкин

сад» (12 га, Первомайский район). Ботанический тип представлен 10 ООПТ (380,8 га). Наиболее крупный памятник природы «Карабутакские лески» (104 га, Адамовский район). Ландшафтно-ботанический тип представлен 26 памятниками природы, общей площадью 7019,7 га. Крупнейшие из них: «Карагачская степь» площадью 2400 га и Карабутакская степь 1300 га (Адамовский район), а также «Саракташская дубовая роща» 758 га (Саракташский район).

Анализируя рис. 2, видим, что исследуемые типы ООПТ отсутствует в трёх районах (Гайском, Новоорском и Сакмарском районах). Наибольшая доля территории занятая рассматриваемыми ООПТ преобладает в Адамовском (0,6%), Илекском (0,2%), Саракташском (0,2%) районах. Наименьший данный показатель отмечается в Шарлыкском районе (0,0002%) с общей площадью всех исследуемых в нём ООПТ 0,5 га. Что касается количественных показателей, то наибольшим значением характеризуется Адамовский район (10), из них 7 ООПТ ботанического типа. В Тюльганском районе насчитывается 4 особо охраняемых природных объекта, три из которых представлены лесокультурным типом. В Илекском районе преобладают ландшафтно-ботанические памятники природы (4) с общей площадью 698 га.



Цифрами на карте обозначены:
1. Шарлыкский р-н; 2. Октябрьский р-н; 3. Тюльганский р-н; 4. Первомайский р-н; 5. Ташлинский р-н; 6. Илекский р-н; 7. Сакмарский р-н; 8. Оренбургский р-н; 9. Саракташский р-н; 10. Соль-Илецкий ГО; 11. Акбулакский р-н; 12. Беляевский р-н; 13. Кувандыкский ГО; 14. Гайский ГО; 15. Кваркенский р-н; 16. Новоорский р-н; 17. Адамовский р-н; 18. Домбаровский р-н; 19. Ясненский ГО. І. Оренбург; II. Соль-Илецк; III. Кувандык; IV. Медногорск; V. Гай; VI. Новотроицк; VII. Орск; VIII. Ясный.

Рис. 2. Распределение лесокультурных, ботанических и ландшафтно-ботанических ООПТ регионального значения и их площадь от площади МО Оренбургской области в пределах бассейна р. Урал

Распределение искусственных водоёмов по муниципальным образованиям бассейна
реки Урал в пределах Оренбургской области

Название МО	Количество искусственных водоёмов в бассейне р. Урал	Название МО	Количество искусственных водоёмов в бассейне р. Урал
Адамовский район	42	Первомайский район	154
Акбулакский район	40	Сакмарский район	3
Беляевский район	19	Саракташский район	69
Гайский городской округ	5	Соль-Илецкий городской округ	19
Домбаровский район	16	Ташлинский район	39
Илекский район	11	Тюльганский район	55
Кваркенский район	29	Шарлыкский район	24
Кувандыкский городской округ	20	Ясненский городской округ	29
Новоорский район	26	г. Орск	2
Октябрьский район	31	г. Оренбург с подчи-	5
Оренбургский район	124	ненными его админи- страции территориями	

Площадь земель водного фонда Оренбургской области составляет 21,5 тыс. га (0,2%) от общей площади региона) [6]. Помимо двух крупных водных артерий (р. Урал и р. Сакмара) на территории Оренбургской области расположено значительно число искусственных водоемов, формирующих водно-ресурсный потенциал бассейна Урала, дополняющих систему природно-экологического каркаса исследуемой территории. В Оренбургской области насчитывается 1576 водохозяйственных объектов, 807 (51%) из которых расположены в границах бассейна реки Урал (таблица) – 793 пруда и 14 водохранилищ. Из всех водоемов для рыболовства оформлены в пользование не более 10 водных объектов, а для рыбоводства задействованы около 270 прудов [7, 8].

Наибольшее количество искусственных водоемов сосредоточено в Первомайском и Оренбургском районах. Ириклинское водохранилище - самое крупное водохранилище Оренбургской области (площадь 260 км²), находится на территории четырех муниципальных образований (Новоорский, Кваркенский, Адамовский районы и Гайский городской округ). Пруды и водохранилища бассейна р. Урал представляют собой сложную природно-антропогенную систему, которая оказывает различное воздействие на ландшафты водосборных площадей, а в условиях резко континентального и засушливого степного климата являются главным источником пресной воды для хозяйственной деятельности человека.

Одними из важнейших элементов природно-экологического каркаса являются особо охраняемые природные территории (ООПТ), оказывающие влияние на хозяйственную деятельность предприятий и организаций. Федеральные ООПТ — заповедники и национальные парки являются одним из основных инструментов сохранения биоразнообразия и имеют существенное значение для благосостояния людей, проживающих в окрестностях этих участков.

В Оренбургской области, как ключевом субъекте трансграничного бассейна р. Урал, необходимо обеспечить рациональное функционирование природоохранного каркаса, позволяющего решать задачи устойчивого развития экосистем, природопользования и межэкономических связей. В бассейне реки Урал на территории Оренбургской области сосредоточено 4 из 5 участков ГПЗ «Оренбургский» (Таловская степь, Предуральская степь, Буртинская степь, Айтуарская степь) и заповедник Шайтан-Тау.

Анализируя туристско-рекреационный потенциал исследуемой территории, нужно отметить значительные перспективы его использования в социально-экономическом развитии регионов трансграничного бассейна реки Урал. Проводя анализ количественных показателей региональных ООПТ в разрезе муниципальных образований, необходимо отметить, что наибольшее их число приходится на Адамовский район (26), Кувандыкский (17) и Гайский (15) городские округа. В струк-

туре системы ООПТ около 44% составляют геологические памятники природы. Крупнейшие из них: Балка Джеланды-Сай (506 га) в Оренбургском районе, Андреевские Шишки (450 га) в Саракташском районе, Овраг Кзылоба (225 га) в Беляевском районе, Гора Гребени (150 га) в Сакмарском районе и Покровские меловые горы (142,7 га) в Акбулакском районе.

Следующая обширная группа ООПТ представлена ландшафтными и ландшафтно-ботаническими памятниками природы (около 20%), наиболее крупные из которых — Кзыладырское карстовое поле (3600 га) в Кувандыкском городском округе, Карагачская степь (2400 га) в Адамовском районе и Гора Маячная (339 га) в Беляевском районе.

Освоение рекреационных ресурсов охраняемых природных территорий способствует пополнению регионального бюджета, а природоохранная сфера должна перестать быть затратной частью хозяйственного комплекса. В связи с этим ООПТ бассейна р. Урал должны приносить реальный доход. Сфера туризма и рекреации должна рассматриваться как социально-культурный и природный комплекс, который включает в себя культурно-просветительскую деятельность, природно-рекреационный комплекс, объекты отдыха и туризма, а также развитую туристическую инфраструктуру [9].

На сегодняшний день туристско-рекреационный потенциал бассейна Урала используется не в полном объеме, а комплекс мер по развитию инфраструктуры в сфере туризма и отдыха не оказывает необходимого влияния на улучшение ситуации в данной отрасли. Привлечение инвестиций в развитие туристско-рекреационной деятельности приблизило бы существующие инфраструктурные туристские объекты к мировым стандартам [10]. В этой связи наиболее перспективными природными объектами с точки зрения развития видов туризма на рассматриваемой территории являются: Уральская Урема, Чибендинские меловые горы, Каргалинские рудники, Малый Накас, Саракташское холмогорье, Заикское Дивногорье, Карагай-Губерлинское ущелье, Ириклинский, Гусихинская степь, Суундукская лесостепь, Шийлиагаш. Интеграция природных ресурсов вышеназванных объектов в региональный туристско-рекреационный комплекс является перспективным направлением использования природно-ресурсного потенциала исследуемой территории.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализируя современное состояние элементов природно-экологического каркаса Оренбургской области, в тесной взаимосвязи с существующей системой ООПТ, можно сделать вывод о том, что, несмотря на частичную утрату заложенных в них первоначальных функций, они остаются важной составляющей с точки зрения социально-экономического развития региона. Элементы природно-экологического каркаса рассматриваемой территории выступают своеобразными коридорами, обеспечивающими возможность для миграции и расселения биоты.

Учет природно-экологических факторов при пространственно-территориальном планировании хозяйства в регионах бассейна р. Урал позволит обеспечить комфортные условия для проживания населения, будет способствовать поднятию инвестиционной привлекательности и улучшению основных социально-экономических индикаторов их развития, а также позволит эффективнее использовать экосистемные услуги трансграничной территории. Более детальное рассмотрение крупных инвестиционных проектов даст оценку глубине и долгосрочности экономических связей, позволит спрогнозировать нагрузку на лесные ресурсы, водные ресурсы, систему ООПТ исследуемой территории при реализации инвестиционных решений.

Разработка межгосударственной стратегии водопользования в пределах трансграничного бассейна р. Урал с учетом социально-экономических, исторических и эколого-географических предпосылок, позволит решить проблему связанную с использованием его природно-экологического каркаса. Данная стратегия должна базироваться на интегральной оценке современного экономико-географического положения и социально-экономического развития регионов бассейна, а рациональное использование его природно-ресурсного потенциала является перспективным в рамках созданных Таможенного и Евразийского экономического союзов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ и администрации Оренбургской области в рамках научного проекта № 17-12-56005 «Интегральная оценка современного социально-экономического положения регионов трансграничного бассейна реки Урал на основе ГИСанализа в связи с созданием Таможенного

и Евразийского экономического союзов» по региональному конкурсу «Урал: история, экономика, культура» 2017 — Оренбургская область».

Список литературы

- 1. Чибилёв А.А. (мл.), Падалко Ю.А. Бассейновый и административный подходы к анализу пространственного распределения особо охраняемых природных территорий геосистемы реки Урал в пределах Оренбургской области // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, № 3 (2). С. 859–862.
- 2. Чибилёв А.А. (мл.) Эколого-рекреационные аспекты трансграничного взаимодействия регионов бассейна реки Урал // Проблемы региональной экологии. 2011. № 5. С. 72—77.
- 3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2016. 639 с.
- 4. Постановление Правительства Оренбургской области «О внесении изменения в постановление Правительства Оренбургской области от 30 августа 2013 года № 732-пп.» Оренбург, 2016. 84 с.
- 5. Приказ Министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области от 5 апреля 2016 г. № 427 «Об утверждении перечней особо охраняемых природных территорий областного и местного значения Оренбургской области».
- 6. Российско-Казахстанский трансграничный регион: история, геоэкология и устойчивое развитие / под ред. А.А. Чибилёва. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 216 с.
- 7. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2014 г. / Под ред. К.П. Костюченко. Оренбург: Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области, 2015. 264 с.
- 8. Чибилёв А.А. (мл.) Возобновляемые стратегические природные ресурсы устойчивого развития регионов степной зоны РФ // Успехи современного естествознания. 2016. 10^{14} 10^{16
- 9. Туристические маршруты Оренбургской области: сводный путеводитель / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.А. Чибилёва. Оренбург: ООО «Союз реклама», 2008.-98 с.

10. Падалко Ю.А. Территориально-отраслевой анализ инвестиций в Оренбургской области // Успехи современного естествознания. -2016. № 11. - С. 176–181.

References

- 1. Chibiljov A.A. (ml.), Padalko Ju.A. Bassejnovyj i administrativnyj podhody k analizu prostranstvennogo raspredelenija osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij geosistemy reki Ural v predelah Orenburgskoj oblasti // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2013. T. 15, no. 3 (2). pp. 859–862.
- 2. Chibiljov A.A. (ml.) Jekologo-rekreacionnye aspekty transgranichnogo vzaimodejstvija regionov bassejna reki Ural // Problemy regionalnoj jekologii. 2011. no. 5. pp. 72–77.
- 3. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2015 godu». M.: Minprirody Rossii; NIA-Priroda, 2016. 639 p.
- 4. Postanovlenie Pravitelstva Orenburgskoj oblasti «O vnesenii izmenenija v postanovlenie Pravitelstva Orenburgskoj oblasti ot 30 avgusta 2013 goda no. 732-pp.» Orenburg, 2016. 84 p.
- 5. Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov, jekologii i imushhestvennyh otnoshenij Orenburgskoj oblasti ot 5 aprelja 2016 g. no. 427 «Ob utverzhdenii perechnej osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij oblastnogo i mestnogo znachenija Orenburgskoj oblasti».
- 6. Rossijsko-Kazahstanskij transgranichnyj region: istorija, geojekologija i ustojchivoe razvitie / pod red. A.A. Chibiljova. Ekaterinburg: UrO RAN, 2011. 216 p.
- 7. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Orenburgskoj oblasti v 2014 g./ Pod red. K.P. Kostjuchenko. Orenburg: Ministerstvo prirodnyh resursov, jekologii i imushhestvennyh otnoshenij Orenburgskoj oblasti, 2015 264 p.
- 8. Chibiljov A.A. (ml.) Vozobnovljaemye strategicheskie prirodnye resursy ustojchivogo razvitija regionov stepnoj zony RF // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2016. no. 3. pp. 214–219.
- 9. Turisticheskie marshruty Orenburgskoj oblasti: svodnyj putevoditel / Pod obshh. red. chl.-korr. RAN A.A. Chibiljova. Orenburg: OOO «Sojuz reklama», 2008. 98 p.
- 10. Padalko Ju.A. Territorialno-otraslevoj analiz investicij v Orenburgskoj oblasti // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2016. no. 11. pp. 176–181.